



**Universidade de Aveiro** Departamento de Comunicação e Arte  
2014

**ROBERTO IVO  
FERNANDES VAZ**

**INTERFACES TANGÍVEIS NO CONTEXTO DA  
EXPERIÊNCIA DA VISITA A UM MUSEU**



**ROBERTO IVO  
FERNANDES VAZ**

**INTERFACES TANGÍVEIS NO CONTEXTO DA  
EXPERIÊNCIA DA VISITA A UM MUSEU: O CASO DO  
MM GERDAU – MUSEU DAS MINAS E DO METAL**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Comunicação Multimédia, realizada sob a orientação científica do Doutor Rui Manuel de Assunção Raposo, Professor Auxiliar do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro e coorientação científica do Doutor Mário Jorge Rodrigues Martins Vairinhos, Assistente do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

À minha família, amigos e a todos os que me auxiliaram ao longo deste percurso.

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Jorge Trinidad Ferraz de Abreu**  
professor auxiliar do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor Alexandre Manuel Ribeiro Matos**  
professor auxiliar da Faculdade de Letras da Universidade do Porto

**Prof. Doutor Rui Manuel de Assunção Raposo**  
professor auxiliar do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Agradeço primeiramente a todos que, de alguma forma, acabaram por se envolver e ajudaram na concretização do presente projeto, em especial:

Aos orientadores Professor Doutor Rui Raposo, Professor Doutor Mário Vairinhos e Professora Doutora Ana Cecília Rocha Veiga – Professora Adjunta do Departamento de Tecnologia da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais – pela ajuda prestada ao longo deste percurso.

À Diretora Helena Mourão Loureiro, por ter acolhido a investigação no espaço do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, pelas conversas sábias, pela liberdade concedida e por ter acreditado em mim.

À Márcia Guimarães, pela disponibilidade, interesse e alegria contagiante.

Ao Leonardo Miranda, Alaôr de Moraes, Sandro Monteiro, Gledson de Assis, Alexandre Bezerra e Paola Oliveira, pelo entusiasmo, dedicação e constante produção de novas ideias.

À Daniela Matos e Soraia Vasconcelos, por cooperarem voluntariamente para a materialização do projeto.

Agradeço à Elzane Casagrande e Stelina Casagrande, pelas palavras amigas de motivação e por cada um dos momentos vividos no dia-a-dia.

Aos meus amigos, de cá e de lá, obrigado por me terem a vosso lado.

Um agradecimento especial à amiga Ana Cecília Veiga, responsável pela concretização de um sonho, e à Paula Odete Fernandes, por me acompanhar de perto em todas as etapas da minha vida.

À minha Mãe, Pai e Irmã, obrigado pelo apoio desmedido, hoje e sempre.

## palavras-chave

MM Gerdau, museus, interfaces tangíveis, *design* de interação, comunicação, museologia, tecnologia em museus, acessibilidade em museus.

## resumo

A tecnologia em museus tem vindo a ser incluída de forma gradual, possibilitando a exploração de novos meios de interação e comunicação com as exposições. Os visitantes são convidados a olhar para estes espaços como facilitadores de novas experiências de interação, que oferecem abordagens de aprendizagem e de entretenimento mais atuais.

O presente projeto de investigação tem como principal propósito apresentar uma proposta de um possível caminho para a comunicação de quatro amostras geológicas – madeira fossilizada, água-marinha, muscovita e sílex – resultante de todo um estudo de *design* de interação. Estes exemplares do acervo pertencem à coleção do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, localizado em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

O estudo tem por base as áreas de conhecimento de museologia, comunicação e interação, a partir das quais, recorrendo a uma metodologia de investigação de *design* participativo e a práticas de museografia, foi desenvolvido e avaliado um protótipo de um expositor, baseado em interfaces tangíveis, para a comunicação de informações relativas às quatro amostras geológicas do MM Gerdau.

Tomando em consideração os resultados obtidos com os testes realizados com visitantes invisuais e visualmente capacitados, foi possível avaliar que este tipo de tecnologia de média tangíveis tem espaço de exploração dentro do Museu objeto de estudo.

**keywords**

MM Gerdau, museums, tangible user interfaces, interaction design, communication, museology, technology in museums, accessibility in museums.

**abstract**

Technology in museums is being included gradually, allowing the exploitation of new ways of interaction and communication with the exhibitions. Visitors are invited to look into these spaces as facilitators of new interaction experiences which provide novel approaches for learning and entertainment.

The main purpose of this research project is to develop a proposal of a possible way to communicate four geological samples – fossilized wood, aquamarine, muscovite and silex – in which an interaction design study has been made. These samples belong to the collection of MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, located in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

The study is based on the knowledge areas of museology, communication and interaction, from which, through a research methodology of participatory design and museography practices, a functional prototype of an exhibitor was developed and evaluated, based on tangible user interfaces, to communicate information about the four geological samples of MM Gerdau.

From the test results obtained with blind and visually capable visitors, it was possible to confirm the viability of this type of tangible media technology within the Museum which was the object of study.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	3
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	4
ÍNDICE DE TABELAS .....	4
ACRÓNIMOS .....	5
<b>I. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1. MOTIVAÇÕES.....	7
1.2. OBJETIVOS .....	7
1.3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO .....	8
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	9
<b>II. ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
2.1. MUSEU, MUSEOLOGIA E MUSEOGRAFIA .....	10
2.1.1. MUSEU.....	10
2.1.2. MUSEOLOGIA.....	12
2.1.3. MUSEOGRAFIA E TÉCNICAS EXPOSITIVAS .....	15
2.2. COMUNICAÇÃO E INTERAÇÃO EM MUSEUS .....	16
2.2.1. CONCEITO DE COMUNICAÇÃO EM MUSEUS .....	16
2.2.2. EXPOSIÇÃO, COLEÇÕES E TIPOS DE COLEÇÕES .....	17
2.2.3. MÉTODOS PARA COMUNICAR INFORMAÇÃO EM EXPOSIÇÕES.....	20
2.2.4. INTERAÇÃO EM MUSEUS.....	24
2.2.5. TECNOLOGIA COMO MEDIADORA DE INTERAÇÃO .....	25
2.2.6. REFLEXÃO MULTISSENSORIAL EM MUSEUS .....	41
2.3. INTERFACES TANGÍVEIS.....	42
2.3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA.....	42
2.3.2. PROPRIEDADES, CLASSIFICAÇÕES E TERMINOLOGIA .....	44
2.3.3. PERSPETIVAS E ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO .....	46
2.3.4. PONTOS FORTES E LIMITAÇÕES.....	48
2.3.5. INTERFACES TANGÍVEIS EM MUSEUS .....	49
<b>III. IMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO .....</b>	<b>52</b>
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO MM GERDAU – MUSEU DAS MINAS E DO METAL.....	52
3.1.1. MUSEU DAS MINAS E DO METAL: A INSTITUIÇÃO .....	52
3.1.2. ATRAÇÕES: ESPAÇOS DE COMUNICAÇÃO E INTERAÇÃO.....	53
3.1.3. PREPARAÇÃO E AMPLIAÇÃO DA VISITA AO MUSEU .....	58
3.1.4. PROGRAMAS E VISITAS MULTISSENSORIAIS .....	61
3.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	62



3.3.	FASES DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO .....	63
3.4.	ESTUDO DE <i>DESIGN</i> DE INTERAÇÃO .....	64
3.4.1.	CONCETUALIZAÇÃO DE <i>DESIGN</i> DE INTERAÇÃO .....	64
3.4.2.	PRINCÍPIOS DE USABILIDADE E EXPERIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO.....	65
3.4.3.	O TACTO COMO PRESSUPOSTO PARA A INTERAÇÃO .....	68
3.4.4.	MODELO DE INTERAÇÃO DO PROTÓTIPO .....	69
3.5.	ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA .....	72
3.5.1.	COMPARAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO .....	72
3.5.2.	JUSTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO ADOTADA.....	74
3.6.	ESTUDO DE <i>DESIGN</i> GRÁFICO.....	78
3.6.1.	ETAPAS INICIAIS DE DESENVOLVIMENTO DO AMBIENTE GRÁFICO .....	79
3.6.2.	ORGANIZAÇÃO DOS ELEMENTOS APRESENTADOS .....	81
3.6.3.	CORES E CONTEÚDOS VISUAIS .....	83
3.7.	DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO .....	84
3.7.1.	SÍNTESE DOS PARTICIPANTES ENVOLVIDOS NO ESTUDO .....	84
3.7.2.	SESSÕES DE TRABALHO INDIVIDUAIS E EM COLABORAÇÃO .....	86
3.7.3.	CONCRETIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE APOIO AO PROTÓTIPO .....	88
3.7.4.	MOBILIZAÇÃO DE VOLUNTÁRIOS PARA A GRAVAÇÃO DAS LOCUÇÕES .....	93
3.7.5.	ARQUITETURA DE SISTEMA IMPLEMENTADA .....	94
3.7.6.	<i>SOFTWARE</i> PARA A IMPLEMENTAÇÃO .....	96
3.7.7.	PROTÓTIPO EM FUNCIONAMENTO .....	99
<b>IV.</b>	<b>AVALIAÇÃO .....</b>	<b>102</b>
4.1.	DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO .....	102
4.1.1.	DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DA AVALIAÇÃO E AMOSTRA PARA O ESTUDO .....	103
4.1.2.	TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO E INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS .....	104
4.1.3.	SESSÕES DE AVALIAÇÃO .....	106
4.2.	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS .....	108
<b>V.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>121</b>
5.1.	CONCLUSÃO FINAL.....	121
5.2.	LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	121
5.3.	SUSTENTABILIDADE .....	122
5.4.	PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO.....	123
5.5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	124
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
	ANEXOS .....	136

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Tangibilidade e interpretação das coleções. ....	19
Figura 2 – Etiquetas identificativas e textos orientativos.....	20
Figura 3 – Ilustrações, mapa e acervos com fotografias de fundo. ....	21
Figura 4 – Modelo, maquete e diorama. ....	22
Figura 5 – Visitante a usar um guia de áudio e recurso a monitores. ....	22
Figura 6 – Gaveta que esconde informação, elemento pivotante e peças soltas. ....	23
Figura 7 – Exemplos de quiosques interativos. ....	27
Figura 8 – Exemplos de superfícies multitoque.....	29
Figura 9 – Exemplos de dois guias móveis.....	31
Figura 10 – Exemplos de projeções interativas .....	32
Figura 11 – Exemplos da utilização da realidade aumentada. ....	34
Figura 12 – Exemplos de utilização de códigos QR.....	36
Figura 13 – Utilização da tecnologia NFC .....	38
Figura 14 – Exemplos de três museus virtuais .....	40
Figura 15 – Exemplos de interfaces tangíveis em museus .....	50
Figura 16 – Atrações no primeiro andar do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal.....	54
Figura 17 – Atrações no segundo andar do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal. ....	57
Figura 18 – Fases de desenvolvimento do estudo.....	63
Figura 19 – Amostras geológicas disponibilizadas para o protótipo. ....	69
Figura 20 – Modelo de interação simplificado proposto para a implementação do protótipo. ....	70
Figura 21 - Microcontrolador e sensores. ....	75
Figura 22 – Alterações da imagem inicial para apresentação dos conteúdos.....	79
Figura 23 – Evolução do ambiente para apresentação dos conteúdos gráficos das amostras únicas. ....	80
Figura 24 – Evolução do ambiente para a apresentação dos conteúdos gráficos da comparação entre duas amostras.....	80
Figura 25 – Ecrã inicial e grelha estrutural do ecrã inicial. ....	81
Figura 26 – Exemplo do ecrã apresentado no caso de manipulação de uma amostra geológica e grelha de estruturação. ....	82
Figura 27 – Exemplo de um ecrã de comparação entre duas amostras geológicas e grelha de estruturação. ....	82
Figura 28 – Paleta de cores utilizada para os conteúdos visuais apresentados. ....	83
Figura 29 – Vista da área superior do móvel e pormenor de um corte lateral realizado sobre a superfície. .	89
Figura 30 – Visão traseira da superfície do móvel e película autocolante. ....	90
Figura 31 – Pormenores do projeto final da peça de mobiliário. ....	91
Figura 32 – Estrutura finalizada: vista de frente, vista lateral com pormenor da prateleira deslizante e vista traseira. ....	92
Figura 33 – Esquema da arquitetura de sistema implementada.....	95
Figura 34 – Imagens da instalação do protótipo no MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal. ....	100
Figura 35 – Registo de momentos de sessões de avaliação com participantes invisuais. ....	107

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Faixa etária dos inquiridos. ....	109
Gráfico 2 – Sexo dos inquiridos. ....	109
Gráfico 3 – Oportunidade de manusear acervo noutros museus. ....	109
Gráfico 4 – Medição da interação na escala de complicada a simples. ....	110
Gráfico 5 – Medição da interação na escala de desagradável a agradável. ....	110
Gráfico 6 – Medição da interação na escala de não prática a prática. ....	111
Gráfico 7 – Medição da interação na escala de desinteressante a motivadora. ....	111
Gráfico 8 – Dados relativos à medição da estética do protótipo pelos participantes visuais. ....	112
Gráfico 9 – Medição da criatividade do protótipo. ....	112
Gráfico 10 – Medição do nível de partilha proporcionado pela interface. ....	112
Gráfico 11 – Medição da relevância dos conteúdos. ....	113
Gráfico 12 – Medição do interesse dos conteúdos. ....	113
Gráfico 13 – Medição da duração dos conteúdos explicativos na forma de locuções. ....	114
Gráfico 14 – Considerações relativas à apresentação dos conteúdos explicativos. ....	114
Gráfico 15 – Facilidade de identificação das amostras geológicas, com base nas locuções. ....	115
Gráfico 16 – Dados relativos à inclusão de novas formas para a apresentação dos conteúdos. ....	115
Gráfico 17 – Considerações acerca da exploração de temáticas relativas aos conteúdos apresentados. ....	116
Gráfico 18 – Considerações acerca das características visuais das amostras geológicas. ....	117
Gráfico 19 – Considerações acerca das características táteis das amostras geológicas. ....	117
Gráfico 20 – Considerações acerca do número de amostras para a interação. ....	117
Gráfico 21 – Indicação das amostras que devem ser disponibilizadas. ....	117
Gráfico 22 – Considerações acerca do manuseio simultâneo das amostras geológicas. ....	118

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese de informações referentes aos elementos que participaram no estudo. ....	85
Tabela 2 – Valores registados pelo sensor quando não é detetada nenhuma força. ....	86
Tabela 3 – Valores registados pelos sensores quando as amostras se encontram sobre a interface. ....	86
Tabela 4 – Valores definidos para a apresentação das cores das quatro amostras geológicas. ....	87

## ACRÓNIMOS

FSR – *Force Sensitive Resistor*

HCI – *Human Computer Interaction*

ICOM – *International Council of Museums*

IR – *Infrared*

LDR – *Light Dependent Resistor*

LED – *Light Emitting Diode*

MMM – MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal

NFC – *Near Field Communication*

RA – Realidade Aumentada

RFID – *Radio Frequency Identification*

RV – Realidade Virtual

TAC – *Token and Constraints*

TUI – *Tangible User Interface*



## **I. INTRODUÇÃO**

A tecnologia é constante no quotidiano, sendo utilizada para diversos fins, entre os quais, para comunicar e trocar informações. No contexto dos museus, a sua presença tem sido adotada de forma gradual, proporcionando aos visitantes novas formas de vivenciar estes espaços.

O projeto de investigação que se apresenta no trabalho teve como objeto de estudo o MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, localizado na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. O desenvolvimento do projeto decorreu no período de 30 de janeiro de 2014 a 30 de maio de 2014 e consistiu na conceção e avaliação de uma interface tangível para a comunicação de acervo da coleção do Museu.

### **1.1. MOTIVAÇÕES**

A principal motivação para o presente estudo tem origem nas inúmeras visitas realizadas a museus e galerias de arte desde a infância, durante as quais o desejo constante era o de poder pegar nos objetos dispostos para lá de uma barreira de vidro. Através da visualização dos elementos em exposição, o contacto travado com os mesmos nunca foi completo. Faltava sentir o peso, a temperatura, as rugosidades, as texturas e os ângulos que se evidenciavam a todo o instante. Devido à paixão desenvolvida por minerais, fósseis e outros objetos que atravessaram milhões de anos de génese para chegarem até ao presente, a necessidade de uma experiência táctil crescia cada vez que o museu visitado reunia exemplares desta natureza.

Por outro lado, a condição a que indivíduos, com insuficiência da função física visual, estão expostos diariamente – muitos deles desde a data de nascimento – e as dificuldades com que se deparam no quotidiano, sempre foi algo que constituiu motivação no sentido de tentar contribuir para a extensão de possibilidades destas pessoas apreenderem o mundo. Neste sentido, o desejo de permitir que indivíduos invisuais pudessem visualizar acervo de museus recorrendo ao sentido do tacto, constituiu uma motivação extra para o desenvolvimento do presente projeto.

Por fim, o estado de Minas Gerais, no Brasil, ligado a Portugal por acontecimentos históricos incontornáveis e com similitudes em termos culturais, constitui um dos maiores exemplos de produção mineral e metalúrgica de que há registo no mundo. Tomando em consideração esta realidade, outra das motivações para a realização do estudo foi a de permitir que habitantes de Belo Horizonte – município brasileiro, capital de Minas Gerais – pudessem sentir de perto elementos geológicos provenientes da sua terra, bem como facultar essa oportunidade aos demais visitantes do MM Gerdau - Museu das Minas e do Metal.

### **1.2. OBJETIVOS**

O objetivo primário do presente projeto de dissertação é o de permitir que visitantes do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, localizado em Belo Horizonte, possam aceder de forma

táctil a exemplares do acervo pertencentes à coleção do Museu e tomar contacto com informações relativas aos mesmos, de forma interativa. Para tal, pretendeu-se projetar, conceber e avaliar um protótipo baseado em interfaces tangíveis que possibilitasse essa experiência dentro do Museu.

Tomando em consideração a necessidade de inclusão social dentro desse espaço, outro dos objetivos do estudo passou por tentar facilitar a visitantes invisuais o uso da interface para travar conhecimento acerca dos exemplares do acervo, com procedência Brasileira.

Para além da disponibilização de informações particulares acerca de cada uma das quatro amostras geológicas – a saber madeira fossilizada, água-marinha, muscovita e sílex – a comunicação de temáticas comparativas entre dois exemplares do acervo, em manuseamento simultâneo, constituiu objetivo do projeto.

### **1.3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO**

A metodologia de investigação adotada para o presente projeto de dissertação foi a de *design* participativo – *participatory design*.

De acordo com Preece, Rogers e Sharp (2002), esta metodologia surge no contexto da necessidade de envolver os utilizadores durante as várias etapas de desenvolvimento de um projeto, de forma ativa. Durante o processo de *design* participativo, devem decorrer diversos momentos de sessões de trabalho em cooperação, nas quais participam elementos que compõem a equipa técnica, potenciais utilizadores e pessoas de outras áreas de conhecimento, com ligação ao que estiver a ser projetado. A ênfase deve ser dada não apenas à produção do sistema em si, mas sobretudo às considerações que vão surgindo ao longo de todas as etapas de desenvolvimento. Em relação a esta metodologia, na qual os utilizadores a quem o produto final se dirige estão envolvidos, Norman (2002) refere que o foco são os próprios indivíduos, na medida em que se pretende responder às suas necessidades e interesses. Com esta cooperação, pretende-se alcançar uma interface que seja facilmente compreendida e utilizável.

Todavia, Preece et al. (2002) alertam para fragilidades inerentes a este processo metodológico: o envolvimento excessivo dos utilizadores ao longo de todo o *design* pode conduzir ao desprazer da colaboração e à consequente perda de interesse. Por outro lado, a participação dos mesmos pode estar condicionada a limitações a nível temporal e espacial: a colaboração apenas pode ocorrer se houver abertura e disponibilidade em termos de tempo e deslocações necessárias. Adicionalmente, estes devem ainda estar dispostos a envolverem-se ativamente na investigação.

No contexto da projeto de dissertação, contou-se com a colaboração da Diretora do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal e de diversos profissionais, entre os quais, responsáveis pela curadoria, conceção museográfica e serviços de marcenaria, educadores de geociências e áreas complementares, gestores de tecnologia de informação e comunicação, fotógrafo de minerais e analista de comunicação. Foram realizadas também sessões de trabalho com elementos externos ao Museu ligados ao *design* de produtos, museologia, jornalismo e produção sonora. Não

obstante, no decorrer das várias etapas de desenvolvimento foram realizados momentos de avaliação com potenciais utilizadores, a quem a interface se dirige.

Para a definição dos contornos que o projeto iria assumir, foi realizada uma entrevista semiestruturada no dia 11 de fevereiro de 2014. Após a conceção e implementação do protótipo funcional, contou-se com a participação de vinte e três participantes para a avaliação – três deles invisuais – tendo-se aplicado inquéritos por questionário para a recolha de dados. A avaliação teve lugar no MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal entre os dias 27 e 28 de maio de 2014. Para o tratamento dos dados recorreu-se a uma análise descritiva exploratória.

#### **1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

O presente documento encontra-se dividido em cinco capítulos.

No primeiro, referente à introdução, apresentam-se as motivações de base para o estudo, os objetivos que se pretenderam alcançar e a metodologia de investigação adotada ao longo do processo de conceção e avaliação do protótipo.

O segundo capítulo apresenta o enquadramento teórico, ao longo do qual se exploram as dimensões de museu, museologia, museografia e técnicas expositivas, abordam-se conceitos e tecnologias referentes à interação e à comunicação em ambientes museológicos, são refletidas as visitas multissensoriais nestes espaços e é realizado o levantamento do estado da arte de tecnologia aplicada em museus, no qual se incluem as interfaces tangíveis.

O capítulo terceiro diz respeito à implementação do estudo, sendo feita a caracterização do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, define-se o problema, estuda-se o *design* de interação, a viabilidade técnica, o *design* gráfico e detalha-se todo o processo de desenvolvimento do protótipo.

No capítulo quatro, apresenta-se o processo de avaliação seguido e interpretam-se os resultados obtidos.

Por fim, o quinto capítulo comporta a conclusão final, as limitações do estudo, considerações acerca da sustentabilidade do projeto e apresentam-se perspetivas de trabalho futuro. No término do mesmo são feitas as considerações finais mais pertinentes sobre a investigação realizada.



## II. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### 2.1. MUSEU, MUSEOLOGIA E MUSEOGRAFIA

#### 2.1.1. MUSEU

Uma vez que quer a museologia quer a museografia são termos que aparecem intimamente relacionados no contexto dos museus, considera-se de máxima importância abordar desde já a conceptualização de “Museu”.

Tendo em conta o documento *Key Concepts of Museology*, verifica-se que as formas e funções que o Museu assume não foram as mesmas ao longo do passar dos séculos. De facto, para além da diversificação do conteúdo, também a sua dimensão, forma de funcionamento e administração sofreram alterações.

De um modo geral, a palavra “museu” pretende designar a instituição (ou lugar) concebido para seleccionar, estudar e proceder à apresentação de testemunhos materiais e imateriais dos indivíduos e do seu meio ambiente. Apesar da definição de “museu” do ano de 1974 ter servido de referência ao ICOM – *International Council of Museums* – durante mais de trinta anos, a definição profissional de “museu” mais difundida foi a adotada em 2007 nos Estatutos do ICOM, aquando da 21ª Conferência Geral em Viena, Áustria (Desvallées & Mairesse, 2010b; ICOM, n.d.):

*Museum is a non-profit, permanent institution in the service of society and its development, open to the public, which acquires, conserves, researches, communicates and exhibits the tangible and intangible heritage of humanity and its environment for the purposes of education, study and enjoyment* (Desvallées & Mairesse, 2010b, p. 57).

Através desta definição, percebe-se que o papel dos museus é o de servir a sociedade, contribuindo para a sua educação, proporcionando não só momentos de estudo, mas também lúdicos, de forma a cooperar com o seu desenvolvimento, comprometendo-se a adquirir, salvaguardar e dar a conhecer o património material e não material da humanidade e do meio que a envolve.

A definição de museu que se segue, em língua portuguesa, foi obtida diretamente do sítio do ICOM Portugal *online*:

O museu é uma instituição permanente sem fins lucrativos, ao serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberta ao público, que adquire, conserva, investiga, comunica e expõe o património material e imaterial da humanidade e do seu meio envolvente com fins de educação, estudo e deleite. (ICOM Portugal, n.d.)

Tomando em consideração o facto de ser assinalado que o museu é uma instituição sem fins lucrativos, surge uma questão que me parece relevante de ser abordada: uma instituição que

obedeça à definição acima enunciada, mas que detenha fins lucrativos, não deve ser considerada um museu?

Como exemplo de um museu lucrativo, é apontado por Desvallées e Mairesse (2010b) o Musée Grévin de Paris, que mesmo assim é considerado um museu: “... sigue siendo tal, aunque no sea reconocido por el ICOM” (p. 53). Deste modo, os autores apresentam o argumento de que a definição de museu do ICOM está marcada pela sua época e contexto ocidental, sendo que propõem uma definição de museu para lá “... del carácter limitado del museo tradicional, se lo define como una herramienta concebida por el Hombre dentro de un marco de clasificación, comprensión y transmisión” (Desvallées & Mairesse, 2010b, p. 53) “... que puede tomar o no la figura de una institución, cuyo objetivo es asegurar por medio de la experiencia sensible, la clasificación y la transmisión de la cultura, entendida como el conjunto de adquisiciones que hacen de un ser genéticamente humano un hombre” (Deloche, 2007 *apud* Desvallées & Mairesse, 2010b, p.54). Evidencia-se, deste modo, que o papel que os museus comportam passa também pela contribuição para a vivência de novas experiências, que de alguma forma, possam enriquecer a vida de cada um de nós.

Ainda em relação à definição de museu do ICOM, do ano de 2007, percebe-se claramente que o museu, aberto ao público, assume a função de servir a sociedade e contribuir para o seu desenvolvimento. No entanto, importa ressaltar que estes pressupostos nem sempre fizeram parte da realidade do público em geral – foi algo que se foi conquistando ao longo dos séculos. De acordo com Suano (1986), a configuração para tornar as coleções acessíveis ao público em geral, não foi, de forma alguma, imediata. No ano de 1601 foram criadas a Biblioteca Ambrosiana e a Academia de Belas-Artes pelo arcebispo de Milão, Federico Borromeo. Na Academia de Belas-Artes, “... Borromeo reuniu incontáveis obras de arte e fez daquilo que chamava seu *museum*, um centro didático para a produção artística” (Suano, 1986, p. 23). Note-se que este museu podia apenas ser visitado por artistas, os quais pertenciam a uma camada muito específica da população.

Olhando para um passado mais distante, a autora afirma que a formação de coleções de diversos objetos é prática desde tempos antigos, tendo sido os romanos “... os grandes colecionadores da Antiguidade, amealhando em Roma objetos trazidos de botins de guerra no Oriente, na Britânia, no norte de África, enfim, de todo o seu vastíssimo império” (Suano, 1986, p. 12). Não obstante o facto de grande parte destas coleções serem privadas, um público seletos conseguia ter acesso às mesmas, entre as quais constituem exemplo “... as do imperador Agripa, que conclamava outros romanos a imitá-lo” (Suano, 1986, p. 13), sendo que o objetivo das mesmas não passava por servir a sociedade, mas ao invés disso “... para além da simples demonstração de riqueza e “gosto”, tinham por fim último ilustrar o poderio e forças dos inimigos conquistados por Roma” (Suano, 1986, p. 13). Porém, a autora confirma que foi durante a Idade Média que ocorreram mudanças na ideia de engrandecimento e poder económico e social conferido às famílias, de acordo com as suas coleções, sendo apontado por Veiga (2012) que essas mesmas “... coleções renascentistas, principescas e reais, originariam a instituição *museu* como hoje a conhecemos” (p. 27).

Entre outros exemplos evidentes da seleção de um público restrito, aponta-se a Galeria de Apolo, no Palácio do Louvre, em Paris, que no final do século XVII possuía galerias abertas “... a visitas de artistas e estudantes” (Suano, 1986, p. 25) e ainda o Ashmolean Museum, em Oxford, Inglaterra, o primeiro museu público europeu, aberto no ano de 1683, que era reservado a “... especialistas, estudiosos e estudantes universitários” (Suano, 1986, p. 25). Percebe-se que, com o avançar do tempo, a noção de instituição ao serviço da sociedade foi adquirindo novos contornos, ainda que na sua maioria as coleções fossem acessíveis apenas a um grupo seleto de pessoas. Neste sentido, Veiga (2012) aponta que “... coleções “abertas ao público” e uma instituição que se coloque totalmente a serviço do mesmo” (p. 29) são realidades distintas.

Tomando em consideração a evolução que temos vindo a abordar, Suano (1986) esclarece que o grande impulsionar para o acesso à instituição Museu pelo público em geral foi a política económica instituída entre os séculos XVI e XVIII, que permitiu à sociedade o acesso às grandes coleções, dado que considerava que a formação de novos artistas seria uma mais-valia para salvaguardar bens capitais: “De fato, por volta de 1730, um ministro dinamarquês, Struensee, chegava a afirmar textualmente que “a Academia de Arte é útil ao estado e às finanças dos reis porque forma artistas que serão menos caros que os estrangeiros” (Suano, 1986, p. 26). Constatase, porém, que o acesso a estes espaços continuava muito condicionado e restrito ao nível de educação das pessoas, sendo que “Na realidade, foi somente o movimento revolucionário do final do século XVIII que abriu definitivamente o acesso às grandes coleções, tornando-as efetivamente públicas” (Suano, 1986, p. 27,28).

Com tudo o que acima foi dito, ainda que de modo bastante simplificado, verifica-se que a ideia de um público geral poder usufruir do espaço e coleções dos museus, como forma de contribuição para o desenvolvimento da sociedade, não era possível há cerca de trezentos anos atrás. Tecendo, por fim, uma última consideração em relação à definição de museu adotada em 2007 pelo ICOM, o museu assume o papel de adquirir, conservar, investigar e expor o património material e imaterial da humanidade e do seu meio envolvente com fins de educação, estudo e deleite. Com vista a enquadrar o trabalho nestas questões, mostra-se indispensável, neste momento, abordar o conceito de museologia.

### **2.1.2. MUSEOLOGIA**

De acordo com Veiga (2012), o termo museologia é relativamente recente, dado que passou a fazer parte de dicionários e enciclopédias após o ano de 1945, sendo que foi por volta dos anos 50 que o termo museologia e o seu derivado museólogo foram confirmados no seu sentido mais amplo (Desvallées & Mairesse, 2010b). Segundo a autora, o debate e a construção da museologia, como ciência responsável pelo estudo dos museus, deveu-se, em muito, ao trabalho desenvolvido por “Georges Henri Rivière (diretor do curso de Museologia do Louvre e diretor do ICOM), Hugues de Varine-Bohan (importante teórico do tema e também diretor do ICOM)” (Veiga, 2012, p. 44) e “Germain Bazin (responsável pela clássica visão histórica dos museus)” (Veiga, 2012, p. 44).

Na sua génese, a prática da museologia pressupunha quatro máximas para ser exercida: era necessária a existência de uma coleção que se destinasse a um público determinado e que estaria exposta dentro de um local físico, a qual apresentava o propósito final de contribuir para a educação dos indivíduos que compõem esse mesmo público. Nas palavras de Primo (1999), “a Museologia Tradicional era aquela que se exercia dentro de um Edifício, com uma coleção, para um público determinado exercendo uma função educadora (educação formal)” (p. 23). Ao longo do seu trabalho, Cury (2010) dá conta da ideia proposta por Zbynek Stánsky, a qual aponta que a museologia deve ser entendida como o estudo da relação específica do homem com a realidade. Deste modo, o homem faz uso de objetos que existem numa determinada realidade, e atribui-lhes outra realidade, através da musealização que faz do objeto inicial. De acordo com a autora, “A proposição de Stránsky incorporada por diversos autores tornou-se uma tradição (ou modelo) que pode ser sintetizada no ternário homem, objeto e museu” (Cury, 2010, p. 272) que “... representa a relação entre o homem e a realidade mediada pelo objeto musealizado” (Cury, 2010, p. 272).

Contudo, este ternário viu-se obrigado a ser replicado para uma nova ideia de museologia que viria a surgir mais tarde, como veremos mais à frente. Mas, por esta altura, Veiga (2012) dá conta de uma crise que se havia instaurado no seio da instituição museal, onde:

Curadores e museólogos decidiam isoladamente o que merecia ser musealizado, conservadores outorgavam em seus próprios círculos o que devia ser preservado, historiadores e cientistas de distintas áreas sacramentavam – em sua linguagem peculiar – o que precisava ser descrito e analisado, museógrafos e arquitetos demarcavam percursos e leituras obrigatórias; e o público, razão maior dos museus, assistia passivo a tudo isto, contentando-se em ser mero expectador no teatro pouco dançante da vida dos museus (Veiga, 2012, p. 45).

No ano de 1972, decorreu no Chile a Mesa Redonda de Santiago, organizada pelo ICOM, assistindo-se a um momento que viria a marcar o início de um novo pensar sobre a museologia, um momento marcante para as mudanças que ocorreram na instituição museológica nos anos que se seguiram, e onde foi debatido qual o papel que o museu deveria ocupar na sociedade. Desta forma, é ressaltada nos trabalhos de Primo (1999), Veiga (2012) e Lima (2012) a importância deste encontro para assinalar o início da necessidade de pensamento acerca de uma nova definição de museologia, sendo descrito por Primo (1999) como “... a primeira reunião interdisciplinar, preocupada com a interdisciplinaridade no contexto museológico e, voltada para a discussão do papel do museu na sociedade” (p. 19). Corroborando com esta ideia, Lima (2012) afirma que “A Declaração de Santiago afiançou, no campo museológico, a conjugação dos ambientes cultural e natural em resposta a necessidades voltadas para mudanças que, naquele momento, se impunham no campo” (p. 43).

Não obstante a contribuição com introdução do conceito “Museu Integral”, onde “... a instituição agora tinha o papel de trabalhar com a comunidade por meio de uma visão de Património Global...” (Primo, 1999, p. 22), foi no ano de 1984, com a Declaração de Quebec, no Canadá, que se falou pela primeira vez em Nova Museologia – “... movimento que afirma a função social do museu e o carácter global de suas intervenções” (Veiga, 2012, p. 46). De acordo com a autora,

esta nova museologia opõe-se à tradicional por ter um carácter ativo e interativo, que permite uma maior proximidade com a sociedade e acompanha a sua constante transformação.

Retomando a reflexão acerca do ternário proposto por Stánsky, do qual se falou anteriormente, Cury (2010) comenta que o modelo de homem-objeto-museu sofreu alterações como forma a responder ao movimento da nova museologia, que abandona os edifícios e, ao invés destes, passa a estar presente num território. Desta feita, “o ternário é constituído pela sociedade, o património e o território” (Cury, 2010, p. 272). A autora afirma que, com esta adequação, o objeto de estudo da museologia passa a envolver esse ternário, onde são aceites as contribuições de outras áreas do conhecimento, considerando que a multidisciplinaridade permite a introdução de novos pareceres que podem conduzir à ampliação da disciplina museológica.

Esta ideia vem de encontro às considerações que Desvallées e Mairesse (2010a) exprimem acerca da Nova Museologia: “... esta corriente de pensamiento puso el acento sobre la vocación social del museo y su carácter interdisciplinario, al mismo tiempo que sobre sus renovadas formas de expresión y de comunicación” (p. 59). Por conseguinte, observa-se que esta nova museologia transferiu as suas atenções para novos tipos de museus, alavancada pela ideia de uma comunidade cada vez mais participativa, os quais pretendem fazer uso ativo do património para contribuir, sobretudo, para um aumento do desenvolvimento local. Os autores referem um afastamento da posição central que as coleções assumem no caso dos museus clássicos, apontando este novo tipo de museus como sendo “... los ecomuseos, los museos de sociedad, los centros de cultura científica y técnica...” (Desvallées & Mairesse, 2010a, p. 59).

Com tudo o que acima foi dito, percebe-se que a nova museologia assenta nos ideais de um território, em vez de um espaço edificado, concentrando o seu foco de atenção no património de cultura e numa comunidade cada vez mais participativa, ao invés de se debruçar unicamente em coleções destinadas a educar um público particular. Enfim, preocupa-se sobretudo em servir uma sociedade que não é estática e procura responder aos acontecimentos do contemporâneo.

Para concluir a discussão acerca da nova museologia, atente-se à consideração que Cury (2010) faz acerca da museologia: “... deslocou o seu objeto de estudo dos museus e das coleções para o universo das relações, como: a relação do homem e a realidade; do homem e o objeto no museu; do homem e o património musealizado; do homem com o homem, relação mediada pelo objeto” (p. 273). Através desta afirmação, percebe-se que a autora se refere à nova museologia como um movimento que contrasta com a museologia mais tradicional. Afasta-se a ideia de local físico, passando-se para um território, mais abrangente e com maior abertura, onde a proximidade com a comunidade é facilitada pelo próprio trabalho, que conduz ao desenvolvimento do património cultural.

Tomando em consideração as ponderações antagónicas apresentadas até agora acerca da nova museologia e da museologia tradicional, estas poderiam levar a pensar que existem duas museologias, o que não é verdade. Neste sentido, nota-se que a atuação na ciência museológica pode ocorrer de duas maneiras distintas: “...uma dessas formas é aquela que se preocupa basicamente com questões administrativas, documentais e preservacionistas do objecto” (Primo, 1999, p. 24) – que corresponde à noção mais clássica da museologia – enquanto “a outra forma

de actuação está mais voltada para as necessidades e anseios sociais, assim como trabalha com a ideia de património entendido na sua globalidade e, as acções de preservação, conservação e documentação, pesquisa são feitas a partir dessa noção mais global do património.” (Primo, 1999, p. 24) – esta última diz respeito ao movimento da nova museologia.

A título de conclusão, considera-se uma definição mais abrangente para o termo museologia, onde se incluem todos os tipos de museus:

... cubre un campo muy vasto que comprende el conjunto de tentativas de teorización o de reflexión crítica vinculadas com el campo museal. El común denominador de este campo se caracteriza por la documentación de lo real a través de la aprehensión sensible y directa. No rechaza *a priori* ninguna forma de museo, incluyendo tanto a los más antiguos (Quiccheberg) como a los más recientes (cibermuseos), ya que tiende a interesarse por un orden abierto a toda experiencia que se refiera al campo de lo museal. (Desvallées & Mairesse, 2010a, p. 59)

Percebeu-se até agora que o campo da museologia abrange uma dimensão para lá do estudo dos museus. Preocupa-se igualmente com o contexto social em que ocorre a relação particular entre o homem e o objeto, e com a preservação, documentação, interpretação e comunicação da herança cultural e natural, seja ela individual ou coletiva. Mas será que existe alguma prática a fim de executar os projetos que advêm dessa mesma investigação?

Pode-se adiantar desde já que a resposta à questão é afirmativa, e que a museografia constitui o campo de conhecimento responsável por realizar essas tarefas, como será visto a partir deste momento.

### **2.1.3. MUSEOGRAFIA E TÉCNICAS EXPOSITIVAS**

No seu sentido mais amplo, a palavra museografia refere-se ao conjunto de práticas que visam a execução do projeto museológico.

De acordo com Desvallées & Mairesse (2010a), o termo museografia define-se como a figura prática ou aplicada da museologia que desenvolve um conjunto de técnicas para levar a cabo as funções do museu, compreendendo a montagem, a conservação, a restauração, a segurança e a exposição. Contudo, a palavra museografia pode também ser usada para designar a arte e as técnicas da exposição.

Corroborando com esta linha de pensamento, Veiga (2012) afirma que é função da museografia dar visibilidade ao acervo exposto, tendo em conta os aspetos da composição estrutural do percurso no museu, bem como os suportes para a exposição e a comunicação visual a adotar, considerando, ao longo de toda a sua concretização, as proposições prévias da museologia.

Deste modo, percebe-se que ambas as áreas se complementam: enquanto a museologia se preocupa com os aspetos mais teóricos e com a planificação, é a museografia que cumpre o papel de executar o que foi elaborado anteriormente.

Em relação às técnicas de exposição aplicadas pela museografia, Primo (2006) considera que deve haver uma maior abertura para que a comunicação seja mais participativa, “... expondo ideias – e não apenas objectos de colecção – que façam apelo aos sentidos, às emoções e às memórias de quem com elas interaja.” (p. 113). Neste sentido, os autores Primo (2006), Cury (2010) e Desvallées & Mairesse (2010a) alertam para uma denotação específica, dentro do campo da museologia, para se referirem às técnicas vinculadas com as exposições – *expography* em inglês e *expografia* em português brasileiro – a qual engloba o “... conjunto de todas as técnicas ligadas a elaboração, concepção, manutenção e apresentação de exposições.” (Primo, 2006, p. 110).

Posto isto, e tomando como ponto de referência este aspeto, ir-se-ão em seguida analisar os recursos que os profissionais dos museus utilizam para comunicar as coleções e a própria exposição com os visitantes. Como reflexão final, considera-se que a museografia se refere à figura prática para a realização do projeto museológico, com o fim de servir a missão do museu. Recuando algumas páginas, constata-se que o papel do museu abrange a comunicação e exposição do património material e imaterial da humanidade (e do seu meio envolvente), com o objetivo final de servir a sociedade e proporcionar momentos de educação, estudo e lazer. Assim, na secção que se segue, a atenção será dedicada à comunicação e interação em museus.

## **2.2. COMUNICAÇÃO E INTERAÇÃO EM MUSEUS**

### **2.2.1. CONCEITO DE COMUNICAÇÃO EM MUSEUS**

Lasswell apresenta em 1948, no seu trabalho acerca da teoria da comunicação, o modelo ECR. De acordo com o mesmo, a ação de transmitir informação entre pelo menos um emissor (E) e pelo menos um recetor (R), através de um canal, designa-se por comunicação (C) (Desvallées & Mairesse, 2010b). Contudo, este conceito é tão geral, que pode ser aplicado a diversas áreas de conhecimento. Neste caso em particular, o interesse recai especificamente em perceber a definição que a comunicação assume em contexto de museus.

Segundo Desvallées e Mairesse (2010b), a palavra “comunicação” assume duas conotações distintas, de acordo com a reciprocidade do fenómeno, ou a sua ausência dela. Para o primeiro caso,  $E \leftrightarrow C \leftrightarrow R$ , fala-se em comunicação interativa, enquanto para o outro,  $E \rightarrow C \rightarrow R$ , diz-se unilateral. De facto, constata-se que esta última distinção é a que se verifica mais frequentemente num museu, dado que ao visitante é transmitida informação acerca do que está exposto, e este, limita-se, sobretudo, a assimilar o conteúdo cultural.

Não obstante esta distinção, a referência ao termo “comunicação” – na definição de museu elaborada pelo ICOM – pode empregar-se para mencionar quer a apresentação de resultados provenientes de investigação efetuada na coleção, quer a partilha de informação acerca do que está exposto. A primeira situação apontada acontece com a disponibilização de catálogos, publicação de artigos, participação em conferências e elaboração de exposições. Em contrapartida, o fornecimento de detalhes acerca dos artefactos que compõem as coleções, tem lugar nas exposições permanentes (Desvallées & Mairesse, 2010b). De salientar que, no âmbito do presente trabalho, é sobre este último caso que irá recair todo o estudo.

### 2.2.2. EXPOSIÇÃO, COLEÇÕES E TIPOS DE COLEÇÕES

O termo “exposição” apresenta significados distintos, podendo ser aplicado para exprimir: o conjunto do que é apresentado, o resultado da ação de expor, bem como o espaço onde a própria se encontra disposta. O primeiro caso compreende a totalidade de cada um dos elementos presentes na exposição (denominados de *exhibit*) – sejam estes autênticos ou representativos da realidade (cópias, fotografias, entre outros) – o material expositivo para a disposição dos elementos (vitrines) e divisão (painéis de separação), os elementos de informação (textos e multimédia), e também, os métodos de sinalização. Por sua vez, o local onde se expõe apresenta-se como um espaço de interação social, que abrange os visitantes e os profissionais do museu, para além do conteúdo exposto (Desvallées & Mairesse, 2010b).

Hernández (2009) conceptualiza “exposição” como o resultado de um conjunto de ações coordenadas para expor os conteúdos de uma coleção, com a finalidade de transmitir ideias, mensagens e proposições, que sejam facilmente compreendidos por todas as classes constituintes do público, sendo ainda o lugar onde a arte e os objetos que a representam se encontram fisicamente presentes. Tendo em conta estes aspetos, percebe-se de imediato a necessidade de comunicar o que está exposto com os visitantes. Porém, em relação à comunicação num espaço expositivo, constata-se que a própria exposição se assume por si só como um processo de comunicação, que recorre aos artefactos expostos para transmitir informação, ainda que de forma “...unilateral, incompleto e interpretable...” (Desvallées & Mairesse, 2010a, p. 37), na maior parte do tempo.

Deste modo, as exposições são apontadas por Chelini (2012), Veiga (2012) e Desvallées e Mairesse (2010b) como o elemento principal que os museus utilizam para comunicar, dado que constituem o “... lugar por excelência de la aprehensión sensible, sobre todo por su *puesta en presencia* (visualización, mostración, ostensión) de elementos concretos que permiten su presentación (un cuadro, una reliquia) o evocan conceptos o construcciones mentales (la transustanciación, el exotismo)” (Desvallées & Mairesse, 2010a, p. 37). Neste sentido, torna-se necessário que a informação chegue inequivocamente a cada um dos indivíduos que constituem o público.

Em suma, o objetivo final de uma exposição passa então por conseguir transmitir aos visitantes aspetos, modos de pensar e até a própria vida de épocas passadas (Hernández, 2009), onde,



idealmente, a aproximação entre o ambiente de museus e os próprios visitantes tenha sido conseguida ao máximo (Bina, 2010).

Até agora tem-se falado em coleções como o conjunto de artefactos que integram as exposições, mas Hernández (2009) vai mais longe ao afirmar que as coleções são o fundamento de todas as exposições, motivo pelo qual é impossível falar em museu sem referir as coleções, dado que ambos se complementam e vivem em união, cada um com a sua própria identidade. Adicionalmente, os autores Lord, Lord, e Martin (2012) posicionam as coleções no lugar central da missão educacional pública da instituição museológica, referindo-se às mesmas como o coração dos museus do século XXI. De facto, as coleções comportam um papel tão importante para que a missão dos museus possa ser exercida na sua plenitude, que “... sempre que um museu perde uma coleção está perdendo, não somente o seu valor econômico, mas como também o seu valor intelectual, artístico, científico e/ou cultural, tantas vezes insubstituível” (Veiga, 2012, p. 156). Tomando em consideração estas palavras, torna-se incontornável perceber desde já o significado concreto que a utilização do termo assume dentro dos museus, bem como abordar, ainda que de uma forma sucinta, os diferentes tipos de coleções.

Para Desvallées e Mairesse (2010b), uma verdadeira coleção só o é realmente se tiver havido a preocupação de agrupar os objetos num conjunto relativamente coerente e significativo, independentemente da tangibilidade ou não do património agregado. Por conseguinte, a coleção num museu é concebida “...como fuente y como resultado de un programa científico que apunta a la adquisición y a la investigación a partir de testimonios materiales e inmateriales del individuo y de su medio ambiente” (Desvallées & Mairesse, 2010a, p. 27). Seguindo esta linha de pensamento, Lord et al. (2012) acrescentam que a definição de coleção inclui por um lado, artefactos, obras de arte, espécimes e documentos de arquivos, e por outro, expressões intangíveis da cultura humana – histórias, músicas, danças, *et cetera* – e diferentes formas de expressão cultural, captadas através de fotografias, áudio ou vídeos. Com base nisso, Lord et al. (2012) propõem a divisão dos diferentes tipos de coleções em três categorias distintas, organizadas desde os aspetos mais tradicionais até às noções mais recentes, nas quais as novas tecnologias têm lugar. São elas: coleções tridimensionais, coleções bidimensionais e coleções intangíveis. De seguida, passa-se a explicar cada uma delas com base nos autores referidos anteriormente.

- As coleções tridimensionais compreendem objetos, obras de arte e espécimes da história natural, sendo apontada como a categoria mais básica. Desta, fazem parte coleções arqueológicas, espécimes da história natural, coleções de tecnologia, trajes e têxteis, arte e decoração, coleções da história social e contemporânea e coleções etnográficas.
- Em relação às coleções bidimensionais, estão compreendidos os artefactos que documentam de alguma forma a vida e feitos humanos (livros, cartas, certificados, diários, fotografias, entre outros). Nesta categoria distinguem-se dois tipos de coleções: as de arquivos e as de livros, jornais e periódicos. De ressaltar que, à semelhança do que se verifica para o caso das coleções tridimensionais, os objetos que fazem parte destas coleções são também eles materiais.

- Na terceira e última distinção estão incluídas as coleções intangíveis, que encerram quer expressões da cultura humana (como histórias contadas oralmente), quer heranças culturais não materiais (mitos e histórias, músicas, danças, métodos tradicionais e formas de fazer as coisas). Assim, fazem parte deste tipo de coleções as histórias orais, o património cultural intangível e ainda as coleções que têm a sua génese no mundo digital – “*Born-Digital*”. Com isto, compreende-se de imediato que a imaterialidade cultural constitui objeto de coleção, o que remete imediatamente para o pensar em formas de comunicar essa mesma intangibilidade.

Resta assinalar que cada uma das três categorias destacadas acima possui necessidades particulares de armazenamento e conservação – as quais não serão exploradas no presente trabalho – consoante a própria dimensão (física ou digital) e a natureza dos materiais. Não obstante, com o intuito de posicionar cada uma destas coleções num único esquema, de acordo com a sua abordagem interpretativa e com a materialidade – ou falta dela – inerente aos artefactos que as constituem, apresenta-se em seguida a Figura 1.

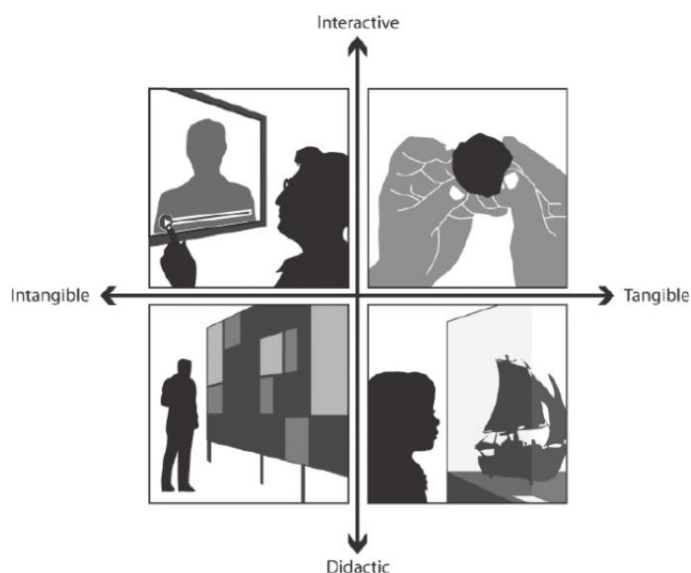


Figura 1 – Tangibilidade e interpretação das coleções (Lord et al., 2012, p. 194).

A figura anterior pode ser interpretada mais facilmente se dividida em duas linhas (na horizontal) e em duas colunas (na vertical). A linha superior refere-se a uma grande interatividade, enquanto a inferior aponta para uma dimensão mais instrutiva e estática. Por outro lado, a coluna mais à direita abriga a tangibilidade e materialidade dos elementos, em oposição com a coluna mais à esquerda, que encerra elementos intangíveis.

Seguindo esta análise, e de acordo com Lord et al. (2012), quer as coleções tridimensionais, quer as bidimensionais comportam elementos tangíveis e servem, normalmente, programas educacionais ou outros propósitos didáticos. Por conseguinte, estão representados na secção inferior direita da figura. Em oposição, nas coleções intangíveis, a comunicação tende a ser mais interativa, pelo que a sua localização se insere no canto superior esquerdo da figura. Para além destas conclusões, o posicionamento de coleções no esquema da Figura 1 permite ainda inferir

questões ligadas ao espaço expositivo necessário: uma coleção tangível necessita, à partida, de uma área maior para dispor os artefactos do que uma coleção isenta de materiais físicos.

Assinala-se, neste momento, a importância deste esquema no desenvolvimento do ponto que se segue, no qual serão abordadas técnicas para comunicar informação em exposições, com o objetivo de fazer a ponte entre os objetos expostos e o ambiente original em que se encontravam.

### 2.2.3. MÉTODOS PARA COMUNICAR INFORMAÇÃO EM EXPOSIÇÕES

Tal como visto anteriormente, a função maior de uma exposição é a de comunicar com o público visitante, recorrendo para tal a uma linguagem própria que visa “... relacionar los objetos con su contexto o con determinados aspectos que nos ilustran sobre su función, su tecnología o su importancia social” (Hernández, 2009, p. 229). Com efeito, a autora distingue quatro métodos para comunicar informação em exposições: textos escritos, meios gráficos, meios tridimensionais e meios audiovisuais.

- Os textos escritos apresentam, por vezes, mensagens autossuficientes por si só, permitindo organizar os objetos que fazem parte da exposição como um discurso. Para este caso, deve ter-se em conta a tipografia, a cor e o tamanho das letras, e garantir que o seu conteúdo e disposição são adequados ao que se pretende transmitir. Ambrose e Paine (2012) acrescentam que para uma mesma exposição deve ser mantida a coerência dos suportes de todos os textos escritos, devendo estes evitar reflexões e estarem posicionados de forma a que a sua leitura aconteça facilmente quer o visitante seja uma criança, um adulto ou uma pessoa numa cadeira de rodas.

Dentro deste método expositivo, destacam-se as legendas ou etiquetas identificativas – na imagem<sup>1</sup> mais à esquerda da Figura 2 – e os textos orientativos, específicos e gerais – imagem<sup>2</sup> mais à direita da Figura 2.



Figura 2 – Etiquetas identificativas e textos orientativos.

<sup>1</sup> Fonte: Dresser Johnson. (n.d.). Asa Ames – American Folk Art Museum. Consultado a 13 novembro 2013, [http://www.dresserjohnson.com/exhibition\\_graphics\\_asa\\_ames.html](http://www.dresserjohnson.com/exhibition_graphics_asa_ames.html)

<sup>2</sup> Fonte: Mytton Williams. (n.d.). Branding Arts St George's. Consultado a 13 novembro 2013, <http://www.myttonwilliams.co.uk/work/arts-st-georges>

- Os meios gráficos são usados normalmente com o intuito de facilitar a representação mental de conceitos ou termos mencionados nos textos; trata-se de uma linguagem icónica. Estes incluem as gravuras e ilustrações, os esquemas e diagramas, os mapas e planos, e as fotografias.

Se por um lado os diagramas permitem mostrar informação explicativa num todo, de forma abreviada, as gravuras e ilustrações, por outro, facilitam a comunicação de conceitos visuais (Hernández, 2009). Estas últimas são usadas muitas vezes para mostrar como eram certos locais no passado, para além de detalhar e dar a conhecer a utilidade prática de certos artefactos (Ambrose & Paine, 2012) – na imagem<sup>3</sup> mais à esquerda da Figura 3 apresenta-se uma representação de elementos do Universo do Dallas Museum of National History and Science. Por sua vez, os mapas e planos oferecem referências geográficas e espaciais ao visitante – a imagem<sup>4</sup> central da Figura 3 mostra um mapa do Museum of Science and Technology no Islão, o qual permite comparar rotas de viagem. Não obstante, as fotografias apresentam a conveniência de reproduzir de modo fiel os artefactos no seu contexto original (Hernández, 2009), e permitem igualmente dar a conhecer a aparência atual de um local arqueológico, bem como integrar na exposição elementos, que devido às suas dimensões, não podem estar presentes – observa-se na Figura 3, na imagem<sup>5</sup> mais à direita, um visitante a observar acervos de grupos tribais, com fotografias de fundo, no National Museum of Australia. Por vezes, são ainda disponibilizadas fotografias resultantes da utilização de raios X, para mostrar detalhes interiores de objetos (Ambrose & Paine, 2012).



Figura 3 – Ilustrações, mapa e acervos com fotografias de fundo.

- Para obter uma representação da realidade, os meios tridimensionais apresentam-se como os mais favoráveis. Os autores Ambrose e Paine (2012) referem que os modelos são muito preciosos para dar a conhecer locais arqueológicos e edifícios históricos – a imagem<sup>6</sup> mais à esquerda, na Figura 4, ilustra a Reading Room do British Museum. Adicionalmente, os dioramas apresentam características comuns com as imagens e com os modelos, e permitem

<sup>3</sup> Fonte: Cielotech. (2013). Dallas Museum of National History and Science. Consultado a 13 novembro 2013, <http://cielotech.wordpress.com/category/museums/>

<sup>4</sup> Fonte: Museum of Science and Technology in Islam. (n.d.). Explore the Museum – Astronomy and Navigation. Consultado a 13 novembro 2013, <http://museum.kaust.edu.sa/explore-3-astronomy.html>

<sup>5</sup> Fonte: 4274 Design. (n.d.). National Museum of Australia. Consultado a 13 novembro 2013, [http://www.4274design.com/interpret/nma\\_arakun.html](http://www.4274design.com/interpret/nma_arakun.html)

<sup>6</sup> Fonte: Victoria and Albert Museum. (n.d.). Architects' Models. Consultado a 13 novembro 2013, <http://www.vam.ac.uk/content/articles/a/architects-models/>

mostrar, por exemplo, o habitat natural de animais – na Figura 4, imagem<sup>7</sup> mais à direita, observa-se o diorama Mountain Goat, do American Museum of Natural History. Finalmente, através das maquetes, replicam-se parte de locais e edifícios, entre outros, onde é possível visualizar pormenores em escala – a imagem central<sup>8</sup> da Figura 4 ilustra uma maquete da exposição “Kaufman Collection 1700-1830”, na National Gallery of Art.



Figura 4 – Modelo, maquete e diorama.

- Os meios audiovisuais permitem a reprodução não só de explicações audíveis, mas também de efeitos sonos, em alguns casos, bastante realistas. Fazem ainda uso de vídeos para tornar mais explícita a mensagem a comunicar. Dentro destes meios incluem-se os monitores em geral – na Figura 5, à direita<sup>9</sup> – os emissores de som fixos e os guias de áudio – imagem<sup>10</sup> à esquerda da Figura 5 – que, por um lado, acabam com a barreira linguística dos visitantes estrangeiros, e por outro, conferem uma maior liberdade aos portadores de necessidades especiais.

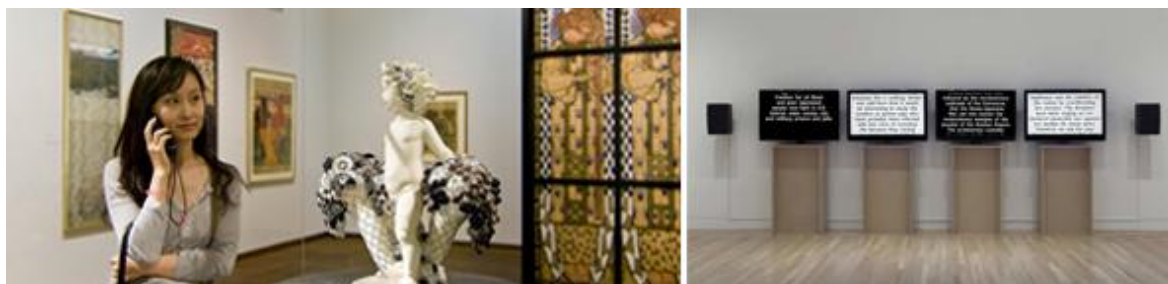


Figura 5 – Visitante a usar um guia de áudio e recurso a monitores.

Tomando em consideração os quatro métodos acima apresentados, percebe-se que o visitante assume, em todos os casos, a postura de espectador diante as obras que se encontram em exposição – estamos perante uma comunicação que acontece unilateralmente. A fim de

<sup>7</sup> Fonte: Allen, L. (n.d.). Billy Goat, American Museum of Natural History, New York. Consultado a 13 novembro 2013, <http://www.preservedproject.co.uk/billy-goat-american-museum-of-natural-history-new-york/>

<sup>8</sup> Fonte: History of Decorative Arts. (2012). Masterpieces of American Furniture the Kaufman Collection, 1700-1830 opens at the National Gallery. Consultado a 13 novembro 2013, <http://hda.gmu.edu/articles/4530>

<sup>9</sup> Fonte: Hammer Museum. (2011). All of this and nothing. Consultado a 13 novembro 2013, [http://hammer.ucla.edu/exhibitions/detail/exhibition\\_id/197](http://hammer.ucla.edu/exhibitions/detail/exhibition_id/197)

<sup>10</sup> Fonte: Leopold Museum. (n.d.). Audioguide app. Consultado a 13 novembro 2013, <http://www.leopoldmuseum.org/en/guidedtours/audioguide>



contrariar esta posição passiva dos indivíduos, Ambrose e Paine (2012) identificam a existência de pessoas no universo do público que valorizam o facto de poderem descobrir novas informações através de ações próprias, para além de escutarem e lerem. Também Carceller (2010) enfatiza a crescente preocupação em introduzir nas exposições recursos manuais para conseguir transmitir as temáticas da melhor forma, afirmando que este tipo de meios possibilita a aprendizagem como resultado do que está a ser feito.

Posto isto, apresentam-se em seguida três tipos de módulos interativos – sem multimédia – que permitem a comunicação de informação em exposições: portas e gavetas, elementos pivotantes e deslizantes e peças soltas.

- Para o caso das portas e gavetas, Carceller (2010) aponta a facilidade da sua utilização, e o facto de atrair a curiosidade dos visitantes para descobrir o que está escondido dentro destas; são úteis para aliviar o visual gráfico da exposição, uma vez que permitem esconder objetos que complementam o discurso principal. A imagem<sup>11</sup> mais à esquerda da Figura 6 ilustra um visitante a abrir uma gaveta, no National Waterfront Museum, em Swansea.

Os elementos pivotantes e deslizantes são efetivos para o caso de jogos com perguntas e respostas, pois permitem ocultar informação que acabaria por saturar o ambiente com o excesso de texto. Contudo, Carceller (2010) alerta para a necessidade de preparar o local para o próximo participante, sendo que os sistemas que fazem uso da força da gravidade para proporcionar o retorno à posição inicial são muito funcionais, tal como se pode observar na imagem<sup>12</sup> central da Figura 6, obtida no International Slavery Museum, em Liverpool.

Relativamente aos locais onde estão dispostas as peças soltas, estes acabam por potenciar a aprendizagem com base na experiência, uma vez que o visitante é envolvido ativamente na tarefa de completar o desafio – na Figura 6, imagem<sup>13</sup> mais à direita, ilustra-se um destes locais, no Museum of Ancient Life, na cidade Lehi, no estado norte-americano Utah.



Figura 6 – Gaveta que esconde informação, elemento pivotante e peças soltas.

A título de conclusão, abordaram-se nesta parte final exemplos de módulos interativos manuais aplicados atualmente em museus. Interessa salientar que, para todos eles, não está previsto o uso de computação digital, uma vez que se tratam de mecanismos mecânicos para transmitir a

<sup>11</sup> Fonte: National Museum of Wales. (n.d.). People, communities and lives. Consultado a 13 novembro 2013, <http://www.museumwales.ac.uk/en/2282/>

<sup>12</sup> Fonte: Carceller, 2010, p. 365

<sup>13</sup> Fonte: Honey Mommy. (2012). Dinosaur Museum Art at Thanksgiving Point. Consultado a 13 novembro 2013, <http://honey-mommy.blogspot.pt/2012/08/dinosaur-museum-at-thanksgiving-point.html>

informação. Não obstante, constata-se que a comunicação deixa de ser unilateral, abrindo espaço para a interatividade, uma vez que o recetor – o visitante – tem que praticar uma ação – seja esta abrir uma gaveta ou mover um elemento deslizante – para ter acesso à informação – desvendar o que está dentro da gaveta ou confirmar a resposta a uma pergunta, por exemplo.

Apesar de ter sido já introduzida a noção de interação em espaços museológicos, ainda que como método auxiliar da comunicação em exposições, a partir deste momento será dada atenção exclusivamente à interação em exposições museológicas.

#### **2.2.4. INTERAÇÃO EM MUSEUS**

Hernández (2009) chama a atenção para a necessidade de envolver os museus com novos paradigmas de inovação, que possibilitem a proliferação de mensagens com as quais os visitantes se identifiquem e se sintam atraídos. De facto, esta renovação das experiências expositivas tem sido facilitada pela inclusão da tecnologia nestes locais, o que proporciona muitas vezes a interação do público com a própria exposição; surgem deste modo “... nuevas experiencias expositivas que, prescindiendo de las presentaciones tradicionales y suprimiendo las vitrinas, se abre a un nuevo concepto de exposición más de inmersión, donde los visitantes pueden implicarse y participar directamente en su visita a la misma” (Hernández, 2009, p. 234).

Como consequência, os museus encontraram espaço para reformular o conceito clássico de comunicar o património, consumando-se como instituições que procuram adaptar-se e ajustar-se de acordo com as necessidades e expectativas dos visitantes, as quais tendem a modificar-se com a utilização que estes fazem da tecnologia no seu dia-a-dia. Por conseguinte, observa-se que a interação nos museus começa a ganhar expressão, na medida em que visitantes, profissionais de museus e outras pessoas estabelecem uma relação mais próxima com a própria instituição (Chanda, 2013).

Sobre a interatividade, a autora Israel (2011) defende que é um hábito que está enraizado na sociedade atual, pois existe a facilidade de interpretar algo e de responder quase instantaneamente a um acontecimento, sendo que Chelini (2012), tomando como base o trabalho desenvolvido por Colinvaux em 2005, afirma que “... a interatividade parece estar no cerne da experiência museal” (Chelini, 2012, p. 61). Com isto, impõem-se a questão: de que forma é que ocorre a interação em museus? Pode-se adiantar desde já que a pergunta irá ser respondida em dois momentos distintos. Para já, iremos abordar essencialmente a conceptualização de “interação”, e, mais à frente, apresentar exemplos aplicados de interfaces instaladas atualmente em museus.

Tomando como referência o trabalho de Stromer-Galley (2004), o conceito de interatividade pode refletir dois fenómenos distintos. Por um lado, refere-se à interação que ocorre entre humanos, e por outro, à interação que resulta de ações entre humanos e computadores, ou sistemas em rede. O primeiro caso, denominado de *interactivity-as-process* – interatividade como processo – reporta a interação social e interpessoal, seja esta mediada ou não. Quando não é mediada, pode-

se considerar, por exemplo, uma conversação cara-a-cara, que acontece com pelo menos duas pessoas que estabelecem uma conversa comum. Assumindo que a comunicação é mediada por um computador, conclui-se a interatividade como a construção de um processo comunicacional. Por oposição, fala-se em *interactivity-as-product* – interatividade como produto – quando o utilizador interage com uma interface ou sistema, fazendo uso de um conjunto de funcionalidades tecnológicas para tal. Segundo esta perspetiva, a interatividade é construída como resultado da interação homem-máquina e apresenta-se como o nível mais baixo em que ocorre a interação. O nível mais alto, pelo contrário, é aquele em que a interatividade ocorre entre humanos.

Chelini (2012) corrobora com a distinção apresentada acima, mas acrescenta uma outra interpretação para a interatividade, com base no estudo de Colinvault, publicado um ano após o trabalho da autora Stromer-Galley (2004): para além da interatividade entre sujeitos e entre sujeitos e objectos, esta pode ocorrer também entre sujeitos e contextos. Em relação a este último caso, o visitante tem a liberdade de exercer acções num determinado contexto – o próprio museu. Assim, compreende-se que num espaço expositivo deve existir interação, e esta deve ser acessível a cada um dos elementos que constituem o seu público.

Com base neste pensamento, Wagensberg (2004) afirma que as exposições atiram para fora do seu espaço conhecimentos prévios, baseando-se apenas em emoções, onde o prioritário é conseguir criar no indivíduo a noção de separação entre o momento anterior e o momento após a visita. Posto isto, o autor distingue três classes de interatividade que podem ser proporcionadas ao visitante, numa exposição: manual ou de emoção provocadora – *hands-on* – mental ou de emoção inteligível – *minds-on* – e cultural ou de emoção cultural – *hearts-on*. A interatividade manual permite experimentar e manipular com as próprias mãos; a pessoa assume um papel e cabe-lhe a missão de exercer uma ação que irá desencadear um acontecimento (por exemplo, premir um botão). A interatividade mental, por sua vez, compreende o desencadeamento de pensamentos que levam à compreensão e seleção do que é realmente importante; nas palavras do autor, “... es alejarse de un experimento del museo asociando ideas con la vida cotidiana, com otros casos que puedan responder a la misma esencia” (Wagensberg, 2004, p. 16). Por fim, a interatividade cultural prioriza a identificação com a população que se encontra localmente mais próxima do museu, o que por si só confere uma identidade ao próprio espaço. Apesar da identificação destas três classes de interatividade, o autor consciencializa para uma utilização equilibrada das mesmas com o espaço em questão, e não descarta o uso de outros meios de exposição, dando o exemplo de que “... para mostrar la Sinfonía Concertante para violín y viola de Mozart, es mejor un concierto” (Wagensberg, 2004, p. 19).

## **2.2.5. TECNOLOGIA COMO MEDIADORA DE INTERAÇÃO**

Para o caso das instituições museológicas, a tecnologia é muitas vezes sinónimo da possibilidade de geração de interação entre o visitante e a exposição, o que é fundamental para uma comunicação inequívoca (Chelini, 2012). De facto, os elementos tecnológicos são apontados como indispensáveis, dado que constituem o suporte para o património não material, permitindo a criação e visualização de réplicas e reconstruções, nas quais se incluem artefactos e locais



(Chanda, 2013). Adicionalmente, a utilização destes recursos digitais é vantajosa, não apenas porque possibilita que os visitantes possam ter um maior entendimento dos objetos e ideias, mas também porque auxilia os profissionais dos museus a conhecer o seu público (Johnson, Adams Becker & Freeman, 2013). Em relação ao maior aprofundamento do que está exposto, Israel (2011) defende que o uso da tecnologia em museus é proveitoso, dado que permite oferecer informações complementares de forma mais fácil e mais atrativa para os visitantes, sem sobrecarregar o ambiente com excesso de informação. Contudo, a autora alerta para que a sua utilização seja feita como um meio, e não como um fim, onde, idealmente, o acervo deve ser combinado de alguma forma com o digital, com o intuito de proporcionar uma experiência útil que sirva o público e que seja facilitadora de uma comunicação conveniente dos diversos assuntos.

Em parte devido a esta última consideração, e de acordo com a Museum Edition de 2013, do NMC Horizon Report, os profissionais dos museus encontram-se cada vez mais a levar para dentro da instituição tecnologias emergentes, com vista a propiciar ao visitante uma ligação mais próxima com os objetos e conteúdos (Johnson et al., 2013). Talvez seja esta razão a responsável pela expectativa criada no público, que anseia por novas oportunidades de experienciar diferentes interações que o faça sentir como parte integrante da exposição (Chanda, 2013; Hakvoort, 2013; Johnson et al., 2013). Não obstante, Hakvoort (2013) alerta para aquele que parece ser um dos maiores desafios dos museus nos dias de hoje: fazer uso razoável da tecnologia, de forma a conseguir manter o foco de atenção de quem os visita na própria exposição, como um todo, e não apenas nos dispositivos tecnológicos.

Tomando em conta estas considerações, percebe-se que a presença de tecnologia em meios expositivos pode ser muito útil, sobretudo se esta se encontrar harmoniosamente embebida no espaço em questão, ao mesmo tempo que permite complementar a própria exposição.

Discutidos alguns aspetos inerentes à tecnologia como mediadora de interação em museus, e de forma a atender à segunda parte da resposta à pergunta “de que forma é que ocorre a interação em museus?”, levantada anteriormente, pretende-se na próxima secção analisar exemplos aplicados de interfaces tecnológicas que potencializam a interação nestes espaços, instaladas em museus de Portugal, do Brasil e de outros países.

#### **2.2.5.1. QUIOSQUES INTERATIVOS**

Um quiosque interativo é um terminal fixo com características computacionais, com monitor, e configurado de acordo com o propósito que pretende servir na instituição em que está inserido. Devido à sua facilidade de interação, é amplamente utilizado para permitir realizar diversas tarefas, de acordo com a natureza para que foi projetado, e pode ser encontrado em bancos, aeroportos (Tatum, 2013), centros comerciais e outros locais, entre os quais, os museus. A navegação pelos conteúdos é feita, normalmente, através do toque no ecrã – com apenas um dedo – e, devido às dimensões standardizadas do monitor, está na maior parte dos casos indicado para ser utilizado apenas por uma pessoa, de cada vez (Kidd, Ntalla, & Lyons, 2011).

Em Portugal, os quiosques interativos estão presentes em diversos museus. A título de exemplo, apontam-se o Museu do Abade de Baçal, em Bragança (IMC, 2010), o Museu de Lamego (ViseuMais, 2010) e o Museu Nacional de Arqueologia, em Lisboa (Turismo de Portugal, 2013). No Brasil, destaca-se o Museu da Língua Portuguesa (Museu da Língua Portuguesa, 2013), na cidade de São Paulo, e o Museu Mineiro, em Belo Horizonte, onde os visitantes têm acesso a informações e detalhes adicionais acerca do acervo exposto, através de um iPad afixado na parede, em cada uma das salas de exposição (TV Câmara Belo Horizonte, 2012). A norte do continente Americano, mais especificamente na cidade de Los Angeles, referencia-se o Los Angeles Museum of the Holocaust, onde os dezoito quiosques interativos – *18 Camps*, na imagem mais à esquerda da Figura 7 – se encontram dispostos no mesmo local, pretendendo dar a conhecer através de fotografias e texto detalhes sobre esse período, em cada campo de concentração (Potion, 2010a). Também no National Museum of the American Indian, na cidade de Nova Iorque, são usados quiosques para contar histórias dos dez objetos da exposição *Infinity of Nations* – na imagem mais à direita da Figura 7 – onde o visitante pode interagir com a informação apresentada na forma de imagens, mapas, texto e vídeos (Potion, 2011). De regresso à Europa, assinala-se a utilização destes dispositivos tecnológicos no Science Museum, em Londres, como meio de comunicar informação adicional acerca do que está exposto (Mo Impulses, 2012).



Figura 7 – Exemplos de quiosques interativos (Potion, 2010a, 2011).

Ao longo do seu trabalho, Hall (2013) analisou quiosques interativos em museus – entre outras interfaces tecnológicas – apontando que estes, na sua maioria, não estão concebidos de forma a permitir uma interação interessante com o visitante; muito pelo contrário, são repositórios de conteúdos quase sempre estáticos. O autor afirma que a informação possível de visualizar nestes quiosques (texto, imagens, vídeo e alguns jogos) não acrescentam muito à exposição, dado que comportam um grande volume de informação e não são indicados para serem usados em grupo, limitando a atividade social de visitar um museu. Esta última ideia é defendida também por Kidd et al. (2011), ao afirmarem que a maior crítica feita aos quiosques interativos ao longo dos anos se prende exatamente com a limitação da experiência social em ambientes museológicos, de cada vez que um visitante faz uso destas interfaces.

### 2.2.5.2. SUPERFÍCIES MULTITOQUE

Em oposição ao que ocorre para o caso dos quiosques interativos, considera-se que as superfícies multitoque conferem uma maior abertura para a partilha social, dado que facilitam o acesso à informação e a sua visualização a um número mais alargado de pessoas – ao mesmo tempo – devido principalmente às dimensões da área a que corresponde ao ecrã (Kidd et al., 2011). Para além das características relativas ao *design* da interface, os autores consideram que a integração harmoniosa destas superfícies com a narrativa da própria exposição constitui por si só um convite aos visitantes para interagir com as mesmas. Estas são descritas como sendo planas, nas quais os conteúdos são apresentados tendencialmente em orientação horizontal.

Como exemplo da inclusão de superfícies multitoque em museus, aponta-se em Portugal o Museu dos Transportes e Comunicações, na cidade do Porto, que na exposição “Comunicar” apresenta uma mesa multitáctil que possibilitou aos visitantes explorar imagens alusivas à temática dos processos de comunicação de diversos animais Ibéricos, para além de permitir responder a perguntas; de ressaltar que os conteúdos se encontravam dispostos na horizontal, de forma a facilitar a criação de um ambiente colaborativo (Edigma, 2012b). Também o Museu de Aveiro utiliza uma mesa interativa de forma a contornar questões de conservação dos acervos, permitindo que o público tome contacto com a coleção de têxteis, através da apresentação de elementos multimédia (IMC, 2013). Do outro lado do Atlântico, no Brasil, mais concretamente na cidade do Rio de Janeiro, aponta-se a exposição “Portinari+Brasileiros” no Museu de Arte Moderna, na qual os visitantes tiveram a oportunidade de conhecer obras do pintor através de mesas multitoque, e ainda, interagir com uma superfície disposta na parede – instalação “pintura digital” – onde foi possível pintar quadros de Portinari (Cinebox, 2012). No Museum of the Holocaust, em Los Angeles, encontra-se disposta na exposição permanente uma mesa multitoque, denominada “The Memory Pool”, da qual surgem fotografias de pessoas no seu quotidiano, que quando tocadas, conduzem a informações relativas a esses momentos; de notar que as imagens emergem de pontos luminosos espalhados pela superfície, desaparecendo no caso em que a interação do visitante com as mesmas for insuficiente (Potion, 2010b). Por sua vez, na exposição “Science Storms” integrada no Museum of Science and Industry, na cidade de Chicago, as superfícies tácteis pretendiam conferir ao público o controlo sobre o que estava a acontecer; como exemplo, refere-se a experiência “Fire and Combustion” – imagem à direita na Figura 8 – na qual os visitantes exploravam nos ecrãs diversas reações químicas do fogo, que levavam ao surgimento de uma chama real, de acordo com as suas escolhas (Terra Incognita, 2010). Por fim, aponta-se o espaço “Gallery One” no Cleveland Museum of Art, no qual se encontra o maior ecrã *microtile*<sup>14</sup> multitáctil dos Estados Unidos da América – imagem à esquerda na Figura 8 – onde são apresentadas cerca de três mil e quinhentas imagens de obras conhecidas em todo o mundo. Esta superfície, disposta como se de uma parede se tratasse, pode ser usada por diversos visitantes em simultâneo, onde, para além das fotografias, são apresentados também detalhes sobre as mesmas. Adicionalmente, o público tem também a possibilidade de

---

<sup>14</sup> MicroTiles é um sistema da empresa Christie, composto por diversos *tiles*, que combina a tecnologia LED (*Light Emitting Diode*) com a projecção DLP (*Digital Light Processing*), resultando em imagens mais luminosas e com uma extensão de cores superior ao conseguido com a utilização de ecrãs plasma e LCD (Christie Microtiles, 2013).

desenhar a própria visita à exposição e de descobrir a coleção completa das diversas galerias do museu (Cleveland Museum of Art, 2013a).



Figura 8 – Exemplos de superfícies multitoque (Cleveland Museum of Art, 2013a; Terra Incognita, 2010).

### 2.2.5.3. GUIAS MÓVEIS

Dentro dos guias móveis, faz-se a distinção entre os guias de áudio e os guias com recurso a multimédia. Em relação aos primeiros, os equipamentos são descritos por Neves (2013) como concebidos para possibilitar a audição de informações sonoras gravadas previamente, o que sugere uma estreita colaboração entre os responsáveis pelo projeto museológico e os profissionais que criam os dispositivos – deste modo, os conteúdos destes guias referem-se intimamente ao espaço envolvente da exposição. Para fazer uso destes guias, o visitante deve proceder à digitação numérica, na maioria dos casos, para começar a ouvir as locuções que dizem respeito ao artefacto selecionado, sendo a sua atenção conduzida de acordo com o que se está a ouvir.

Por outro lado, apontam-se os *smartphones*, *tablets* e outros dispositivos eletrónicos como exemplos de guias que recorrem a multimédia, para proporcionar ao público uma visita mais rica pelo museu. De acordo com Neves (2013), estes oferecem um conjunto mais alargado de esclarecimentos a quem os utiliza, conferindo a possibilidade de complementar os objetos expostos através da disponibilização de informações mais detalhadas. De modo complementar, alguns museus por todo o mundo oferecem aplicações gratuitas para dispositivos eletrónicos, como forma de opção para guiar os visitantes ao longo do espaço expositivo (Cui & Yokoi, 2012).

Tomando como referência a edição *Museum Edition 2011* do NMC Horizon Report, as aplicações móveis são identificadas como uma tendência em museus, uma vez que os elementos do público podem fazer uso dos próprios dispositivos móveis para interagir em exposições, com a vantagem de estarem habituados à sua utilização e de transportarem consigo estes terminais móveis. Não obstante, *smartphones* e *tablets* permitem ligações à internet e incluem ainda sensores que possibilitam tirar partido do mundo real, o que pode contribuir para a dinamização de novas interações com os elementos em exposição (Johnson, Adams, & Witche, 2011). Esta prática de

levar os dispositivos pessoais é chamada de BYOD<sup>15</sup> – *Bring Your Own Device* – e os responsáveis pelos museus veem vantagens nesta prática, sobretudo porque o uso das aplicações que são disponibilizadas para os visitantes servem de ponto de contacto entre as fases antes, durante e após a experiência da visita (Hakvoort, 2013).

Em Portugal, apontam-se como exemplos a disponibilização de guias de áudio no Museu do Douro, localizado na cidade de Peso da Régua (Turismo de Portugal, 2013a), e a utilização de guias multimédia no Museu da Comunidade Concelhia da Batalha, onde são apresentadas, entre outras informações, traduções em língua gestual, de forma a possibilitar uma visita mais interessante àquele espaço a pessoas com insuficiência auditiva (Shimosakai, 2013). Por outro lado, o Museu Nacional dos Coches, localizado em Lisboa, disponibiliza uma aplicação móvel com vista a explorar o museu, a qual apresenta um mapa com diversos pontos de interesse e descrições adicionais (Exciting Space, 2012). Também na cidade de Lisboa, o Museu da Marioneta disponibiliza uma aplicação que pretende auxiliar a visita do público, mas neste caso não é obrigatório que o visitante possua um *tablet*, dado que à entrada na instituição é possível requisitar este dispositivo (Museu da Marioneta, 2013). No Museu de Aveiro, refere-se a aplicação “mesh-t” desenvolvida por Pereira (2013) para o sistema operativo Android, que confere ao visitante a possibilidade de complementar o que está a ver, através da apresentação de imagens, textos explicativos e áudio, para além de mapear a sua posição.

No Brasil, na cidade de São Paulo, o Museu Lasar Segall Ibram oferece ao seu público guias multimédia gratuitamente, como meio de comunicar informações específicas das obras e artefactos que pertenceram a Lasar Segall (Museu Lasar Segall Ibram - Minc, 2011). Na cidade do Rio de Janeiro, o Museu Internacional de Arte Naif integra uma aplicação para *smartphone* e *tablet* com o sistema operativo Android, que apresenta informação sobre os objetos da exposição, sendo conferido destaque a um jogo em que os indivíduos podem alterar virtualmente as obras e divulgar o seu trabalho nas redes sociais (Candida, 2013) – observa-se que esta possibilidade constitui elemento de contacto entre os momentos durante e após a visita ao museu.

Olhando para a cidade de Paris, aponta-se que o Musée du Louvre adota o sistema de guia multimédia<sup>16</sup> como meio de conduzir os visitantes pelas galerias – imagem à esquerda na Figura 9 – apresentando a posição em tempo real e conferindo também a visualização de fotos e reconstruções dos artefactos, em três dimensões (Musée du Louvre, 2012). Por sua vez, no Tate Modern, em Londres, os guias multimédia – imagem à direita na Figura 9 – permitem assistir a vídeos com testemunhos dos artistas, fator que é apontado como promotor de conversação e debate entre os visitantes à medida que exploram a galeria (Tate Modern, n.d.). Ainda no Tate

---

<sup>15</sup> Este termo foi registado pela Intel no ano de 2009, após a observação de que um crescente número de trabalhadores fazia uso dos seus terminais móveis para aceder à rede, dentro da empresa (Johnson et al., 2013).

<sup>16</sup> O guia, criado em parceria com a Nintendo, é denominado de “Audioguide Louvre-Nintendo 3DS XL™” (Musée du Louvre, 2012).

Modern, evidencia-se a disponibilização de aplicações móveis<sup>17</sup> que podem ser instaladas nos dispositivos pessoais antes ou durante a visita ao museu, o que constitui um exemplo de convite à prática BYOD. Por fim, menciona-se a aplicação “Capture the Museum” do National Museum of Scotland, localizado na cidade de Edimburgo, por dinamizar um jogo em equipa com a duração de trinta minutos, em que os visitantes, fazendo uso dos seus dispositivos móveis, exploram as diversas galerias e conquistam território ao interagirem e responderem a questões acerca dos artefactos expostos (National Museums Scotland, 2013).



Figura 9 – Exemplos de dois guias móveis (Musée du Louvre, 2012; Tate Modern, n.d.).

A título de conclusão deste tópico, Neves (2013) assinala que os guias móveis são vantajosos enquanto mediadores de comunicação, dado que conferem uma grande autonomia aos visitantes, ao mesmo tempo que fornecem pontos de vista da exposição que conduzem a uma interpretação mais adequada dos artefactos. Além disso, facilitam a transmissão da informação a elementos do público com necessidades específicas: “... videoguias com interpretação gestual para visitantes surdos; audioguias com audiodescrição para visitantes cegos; ou guias adaptados para visitantes com incapacidade intelectual ou dificuldades de aprendizagem específicas” (Neves, 2013, p. 167). Contudo, num ambiente social de visita a espaços museológicos, estes dispositivos levam muitas vezes a um isolamento e pouca interação entre os próprios visitantes (Belinky, Lanir, & Kuflik, 2012; Neves, 2013).

#### 2.2.5.4. PROJEÇÕES INTERATIVAS

De acordo com Rowe (2013), as circunstâncias tecnológicas mais comuns nos sistemas de projeção são aquelas que fazem uso da técnica *projection mapping* para apresentar conteúdos em espaços ou objetos físicos, combinada com a utilização de câmaras e sensores que permitem rastrear em tempo real dos movimentos dos indivíduos que interagem com a instalação. Em relação ao método *projection mapping*, o autor informa que se pretende com este proceder ao alinhamento preciso entre o mundo real e aquilo que está a ser projetado. Neste sentido, o mapeamento é conseguido através de uma câmara colocada minuciosamente junto ao projetor,

---

<sup>17</sup> Refere-se no ano de 2013 a aplicação concebida para a exposição “Paul Klee – Making Visible”, por apresentar, para além de informações sobre as obras, comentários tecidos pelos curadores (Tate Modern, 2013).

que procede à digitalização do espaço físico; consumado este aspeto, os conteúdos digitais aparecem sobrepostos<sup>18</sup> ao ambiente ou objetos do mundo real (Rowe, 2013).

No território de Portugal Continental refere-se como exemplo o Ecomuseu de Barroso, localizado em Montalegre, que inclui no seu espaço sistemas de projeção, entre os quais se destaca a instalação *Experience Tunnel*. Esta reage ao caminhar dos visitantes ao longo de um corredor e aos seus movimentos corporais, apresentando projeções laterais interativas (Edigma, 2010). De referir também o Centro de Educação Ambiental de Esposende, que, apesar de não ser um museu, desenvolve atividades no sentido de contribuir para a educação do seu público. Neste, uma parede interativa serve de figura central a um jogo de reciclagem: enquanto embalagens recicláveis e lixo orgânico caem do céu, o visitante tem a tarefa de selecionar qual o contentor em que estes devem ser depositados. A decisão das respostas é feita através do movimento dos braços do jogador, que é constantemente monitorizado pelo sistema (Edigma, 2012a).

No Brasil, o Memorial de Minas Gerais Vale, localizado na cidade de Belo Horizonte, inclui duas instalações de projeções interativas que aqui se destacam. A primeira é uma mesa curva onde são projetados círculos multicolores com o tema “modernismo no mundo”. Ao interagir com estes objetos digitais, são apresentadas informações complementares na forma de texto. A segunda instalação, por sua vez, projeta em paredes irregulares, semelhantes ao interior de uma caverna, imagens de pinturas rupestres, que são animadas de cada vez que o visitante interage com as mesmas, sendo apresentada ainda uma descrição, na forma de texto (Brasil, 2011).

Olhando para o resto do mundo, aponta-se a exposição *Impossible Animals* que decorreu no Manitoba Children’s Museum, no Canadá, durante três meses de verão, em 2012, onde foram contemplados um tapete e uma parede com projeções de animais em três dimensões, para proporcionar ao seu público a interação com os mesmos – na imagem mais à esquerda da Figura 10. Não obstante, a instalação previa ainda que crianças pudessem pintar numa folha de papel um ovo, que, quando passado no *scanner*, era transportado para o ambiente virtual. Deste modo, os visitantes interagiam não só com os animais, mas também com as suas próprias criações, que originavam vida virtual de cada vez que eram tocados (PO-MO, 2012).



Figura 10 – Exemplos de projeções interativas (PO-MO, 2012; Potion, 2013; WhiteVoid, 2013).

Refere-se também a escultura “Fluidic”, em exibição no Temporary Museum for New Design, em Milão, durante os dias 9 a 14 de abril de 2013, ilustrada na imagem central na Figura 10. Esta

<sup>18</sup> O autor aponta que esta sobreposição tem como resultado a hibridez de materiais reais e digitais, que se denomina por realidade mista – *mixed reality* – (Rowe, 2013).



instalação consiste numa superfície que se assemelha a uma esfera, na qual doze mil esferas, com menores dimensões, compõem a totalidade da área da escultura. A interação com a mesma pode ser feita independentemente da posição dos visitantes ao seu redor, que são constantemente monitorizados por sistemas de rastreamento a três dimensões. Como resultado, e devido à combinação de oito projetores laser de alta velocidade, podem ser observados diferentes gráficos consoante o movimento dos elementos do público que a cercam (WhiteVoid, 2013). Por fim, destaca-se a instalação “Future Energy” do Museum of Science and Industry em Chicago, na qual a projeção é feita na superfície de uma mesa, com diversos edifícios tridimensionais iluminados no centro da mesma – imagem mais à direita na Figura 10. Através desta interface, é possível a interação com elementos digitais para jogar em torno da temática do consumo de energia (Potion, 2013).

#### **2.2.5.5. REALIDADE AUMENTADA**

A realidade aumentada (RA) é uma subárea da realidade virtual (RV), que se distingue da mesma por acrescentar informações virtuais ao mundo real, contrariamente do que acontece para o caso da RV, em que o físico é completamente substituído pelo virtual (Ko, Chang, & Ji, 2013). Assim, a realidade aumentada pode ser definida simplificada como aquilo que pode ser visto no mundo real, sobreposto com conteúdos digitais, através de um dispositivo eletrónico (Carrozzino & Bergamasco, 2010; Israel, 2011; Ko et al., 2013).

De acordo com Johnson et al. (2011), o primeiro simulador de realidade aumentada surgiu por volta dos anos 60 e incluía, para além de imagens, odores e vibrações. Mais tarde, por volta dos anos 90, várias empresas recorriam à RA para visualização e treinamento. Hoje em dia, devido à crescente evolução da tecnologia e ao aumento da velocidade de processamento de terminais, é possível fazer uso da RA através de dispositivos pessoais, sejam estes computadores, *smartphones* ou *tablets*.

As aplicações para realidade aumentada são desenvolvidas, essencialmente, recorrendo a marcadores identificativos (*marker-based*) ou não (*markerless*). Em relação à primeira situação, a câmara do dispositivo onde corre a aplicação identifica marcadores visuais e gera informação virtual de acordo com a mesma. Neste caso, estas etiquetas têm que estar numa área de visão da câmara, e o utilizador tem consciência de que a tecnologia está presente. Por oposição, as aplicações *markerless* não fazem uso deste tipo de rótulos; ao invés disso, recorrem quer a sistemas e sensores de localização – GPS, sensores geomagnéticos e bússolas digitais – para obter informação acerca do posicionamento dos dispositivos móveis, quer à tecnologia de reconhecimento de imagens. Neste último caso, os contextos de aplicação da tecnologia são maiores, dado que o que é captado pela câmara está paralelamente a ser comparado com imagens armazenadas, com o objetivo de encontrar correspondência para apresentar corretamente as informações virtuais. Uma vez que as soluções *markerless* não necessitam de etiquetas visuais suplementares no espaço físico, a tecnologia de identificação torna-se oculta para o utilizador (Johnson et al., 2011; Ko et al., 2013).



No contexto dos museus, a realidade aumentada apresenta não só a vantagem de permitir uma nova interpretação dos artefactos, mas também tem o potencial de tornar visíveis informações que a olho nu não existem. Posto isto, um visitante pode estar a observar um objeto danificado, e, ao mesmo tempo, conhecer a sua forma original através de uma reconstrução a três dimensões; ainda, pode fazer uso da RA para ver o interior de artefactos através de imagens em raio X, entre outras possibilidades de interação que complementam a compreensão e interpretação da exposição. Adicionalmente, os museus empenham-se em desenvolver aplicações de RA para os seus espaços, também como estratégia de *marketing*: para além de se conseguir cativar novos públicos, os indivíduos podem fazer uso dos próprios dispositivos móveis aquando da visita, fator que contribui para aumentar o interesse pelos artefactos expostos (Johnson et al., 2011).

Como exemplo da disponibilização de aplicações de realidade aumentada em museus de Portugal, considera-se o Museu e Igreja de São Roque, em Lisboa. Os visitantes podem fazer uso dos dispositivos móveis pessoais, caso tenham a aplicação instalada, ou, se preferirem, podem recorrer aos *tablets* disponíveis no museu para acederem a conteúdos virtuais de dez obras, no total (Santa Casa da Misericórdia de Lisboa, 2013a, 2013b). Na mesma cidade, também o Museu Nacional de Arte Antiga permite que a observação dos painéis de São Vicente seja acompanhada por interação com RA, podendo os utilizadores de dispositivos Android descarregar a aplicação para o próprio terminal (PT Comunicações, 2013).

No Brasil, toma-se como exemplo o projeto de realidade aumentada desenvolvido por Silva, Braga e Scherer (2012) para o Museu de Artes Assis Chateaubriand, na cidade de Campina Grande, onde os visitantes fazem uso de um computador equipado com uma *webcam* para acederem a informações adicionais de artefactos, na forma de texto e imagens. Futuramente, os autores preveem a interação com artefactos, para os quais serão apresentados modelos dos mesmos em três dimensões, bem como o desenvolvimento da aplicação para que possa funcionar em dispositivos móveis.

O Royal Ontario Museum, localizado na cidade de Toronto, no Canadá, possui uma aplicação de RA – *ScopifyROM* – que facilita aos visitantes a interação com doze artefactos através dos seus próprios *tablets* e *smartphones*, havendo a possibilidade de conhecer o interior de uma múmia através de imagens de raio X, cobrir um dinossauro de pele e dar vida aos animais no mundo virtual, tal como ilustrado na imagem mais à esquerda na Figura 11, entre outras (Czikk, 2013).



Figura 11 – Exemplos da utilização da realidade aumentada (Cleveland Museum of Art, 2013a; Czikk, 2013; Stanford, 2012).

Na cidade de São Francisco, o Asian Art Museum faculta uma aplicação de realidade aumentada para dispositivos com sistema operativo iOS, através da qual os elementos do público podem aceder a conteúdos tridimensionais e vídeos em seis placares dispostos nas três salas da exposição “China’s Terracotta Warriors” (Yeung, 2013). Por outro lado, a Gallery One, no Cleveland Museum of Art, apresenta-se como um exemplo em que a RA é explorada de diversas maneiras: em frente a um ecrã é feito o convite “make a face” ao visitante, que deve fazer uma careta para a câmara, sendo apresentado momentos depois uma obra que se assemelha à cara que fez, e a respetiva descrição; também perante uma câmara, a postura da pessoa é comparada com uma estátua; através do uso de um iPad com a aplicação *ArtLens* – imagem central na Figura 11 – pode ser conhecida informação adicional sobre obras em exposição, na forma de vídeo e áudio (Cleveland Museum of Art, 2013b, 2013c; Johnson et al., 2013). Por fim, refere-se a aplicação de realidade aumentada no Science Museum, em Londres, com um emprego distinto do que se tem vindo a ver até ao momento, dado que descodifica marcas colocadas junto dos artefactos e apresenta uma reconstrução animada em três dimensões do apresentador e jornalista James May – imagem mais à direita na Figura 11 – que dá a conhecer características complementares do que se encontra em exposição (Stanford, 2012).

#### 2.2.5.6. FIDUCIAL QR CODE

O QR Code – *Quick Response Code* – é um símbolo matricial, que contempla uma grelha de blocos quadrados pretos e brancos, desenvolvido no ano de 1994 pela empresa Japonesa Denson-Wave. O código em si armazena um grande volume de dados<sup>19</sup> numa área de impressão relativamente pequena, e a sua leitura é possível recorrendo a dispositivos com câmara e *software* específico para tal, sendo que para o sucesso da mesma, a posição do terminal em relação ao QR Code não é relevante (Chuang, Hu, & Ko, 2010; Mendes, 2012). Contudo, uma vez que a cada código QR está associada uma hiperligação para um endereço *online*, torna-se essencial a cobertura de rede com acesso à *internet*, para que se possa estabelecer a comunicação e fluxo de dados (Mendes, 2012).

Para além dos elementos do público poderem utilizar os próprios *smartphones* e *tablets* para interagir com estes códigos, considera-se em contexto museológico vantajoso o facto de estas fiduciais conectarem os objetos expostos a bases de dados virtuais – com material editável e suscetível de ser aumentado – e também, devido às suas dimensões, ser possível a sua disposição discreta junto dos artefactos (Johnson et al., 2011; Mendes, 2012). Mendes (2012) alerta para circunstâncias associadas a esta tecnologia a ter em conta:

Se os quadrados de código forem impressos num tamanho demasiado reduzido, as câmaras do telefone e o *software* do leitor terão dificuldade em entendê-los. Se existem sombras, reflexos ou pouca luz sobre os códigos o problema agrava-se (...) A existência do Wi-Fi público gratuito ao longo do espaço do museu apresenta outra dificuldade potencial (Mendes, 2012, p. 184).

---

<sup>19</sup> Mais concretamente 7089 caracteres numéricos, 4296 caracteres alfanuméricos e 1817 caracteres kanji (Chuang et al., 2010).

Na cidade do Porto, em Portugal, assinala-se o Museu dos Transportes e Comunicações, que na exposição “Comunicar” faz uso de códigos QR dispostos nas paredes com ligações *web* para páginas da AMTC - Associação para o Museu dos Transportes e Comunicações (Edigma, 2012b). No Museu de Aveiro, um pouco mais a Sul do país, estas fiduciais eram encontradas nos painéis descritivos dos artefactos ou junto dos próprios, de forma a garantir um ângulo de visão adequado que permitisse a observação simultânea dos conteúdos virtuais, na aplicação “mesh-t”, e dos objetos expostos. Assim, os visitantes tinham acesso a elementos multimédia associados e a comentários participativos, podendo ainda partilhar o ponto de interesse nas redes sociais Google+, Twitter e Facebook, marcar um “gosto” e adicionar o mesmo aos favoritos (Pereira, 2013).

No Brasil, o Museu da Vida, na cidade do Rio de Janeiro, acolheu na exposição “Elementar – a química que faz o mundo” a *Interaction Cubes*, uma tabela periódica – visível na imagem à esquerda na Figura 12 – onde, a cada um dos 118 símbolos dos elementos químicos, corresponde um código QR. Como cada um destes é individual e portátil, o visitante tem acesso aos conteúdos multimédia associados ao colocar o cubo num módulo com uma *webcam* para leitura ótica, sendo apresentado um vídeo<sup>20</sup>, por unidade, onde um cientista dá explicações acerca do elemento químico em causa (Museu da Vida, 2012; Oliveira, 2012).



Figura 12 – Exemplos de utilização de códigos QR (Oliveira, 2012; Wingard, 2012).

Entre os dias 12 de abril e 7 de julho de 2013, o Brooklyn Museum, em Nova Iorque, apresentou na exposição *Raw/Cooked* trabalhos da autoria de Michael Ballou, entre os quais se destaca o projecto *Pencil Holders* por anexar códigos QR a objetos dispostos numa vitrina, que apontam para textos ficcionais escritos por seis autores convidados, acerca das obras (Brooklyn Museum, 2013). Também na cidade de Jacksonville, o Cummer Museum of Art & Gardens inclui códigos QR – imagem à direita na Figura 12 – como complemento a um acompanhamento mais detalhado aquando da visita ao museu, através dos quais o público tem acesso a uma página detalhada onde é possível explorar fotos dos artefactos com grande resolução, conhecer a história e os processos por detrás da sua conceção, bem como ouvir excertos sobre as peças. De notar que o museu disponibiliza *smartphones* aos visitantes não tenham dispositivos compatíveis para a leitura das fiduciais (Wingard, 2012). Na cidade de Génova, em Itália, o Museu Wolfsoniana inclui códigos QR em onze artefactos, os quais permitem que os visitantes tenham acesso a informações sobre o autor das obras, bem como a pormenores adicionais sobre as mesmas (Boden, 2013).

<sup>20</sup> Os vídeos foram cedidos pela University of Nottingham, no Reino Unido (Museu da Vida, 2012).

### 2.2.5.7. RFID E NFC

RFID – *Radio Frequency Identification* – é uma tecnologia de identificação e captura automática de dados<sup>21</sup> que pertence à família das comunicações sem fios de curto alcance<sup>22</sup>, e que utiliza ondas rádio para ler e escrever informações em etiquetas de identificação, denominadas de RFID *tags*. Para que o sistema funcione, são necessários três componentes básicos: uma *tag* RFID, um aparelho para leitura e escrita e um *software* específico para o processamento dos dados. As *tags*, possuem memória de escrita onde são armazenadas as informações a serem transmitidas ao dispositivo de leitura; são compostas por uma antena, um transmissor-recetor rádio e um circuito integrado para armazenamento e processamento. Já o leitor RFID, transmite periodicamente sinais para procurar etiquetas, sendo formado por uma antena, um transmissor-recetor de ondas rádio e um decodificador; aquando da deteção de um sinal de alguma *tag*, a informação é extraída e depois transmitida para o subsistema responsável pelo seu processamento (Vazquez-Briseno et al., 2012).

Apesar de partilharem os mesmos pressupostos de funcionamento e de ambas se incluírem nas comunicações sem fios de curto alcance, a tecnologia NFC – *Near Field Communication* – distingue-se da RFID por facilitar trocas de dados entre dispositivos até aos 10 centímetros de distância. A NFC é considerada uma evolução da tecnologia RFID, podendo operar em dois modos<sup>23</sup>, passivo ou ativo. No primeiro, apenas um dos dispositivos é responsável pela geração do campo eletromagnético para o fornecimento de energia ao outro, condição essencial para a transmissão de informação, ao passo que, no modo ativo, ambos os terminais são capazes de gerar os próprios campos de eletromagnetismo (Johnson et al., 2011; Vazquez-Briseno et al., 2012). Contudo, a principal vantagem desta tecnologia é que os dispositivos habilitados com NFC podem ler diferentes tipos de etiquetas passivas, sejam estas *tags* RFID, *tags* NFC ou *smart cards*. Para tal, é necessária a criação de energia na etiqueta, possível quando o utilizador aproxima o terminal móvel da mesma, que estará agora em condições de transmitir os dados para o dispositivo (Vazquez-Briseno et al., 2012).

Comparando as tecnologias NFC/RFID com os QR Code, apontam-se algumas diferenças que podem ser decisivas aquando da tomada de decisões acerca da inclusão das mesmas nos espaços expositivos dos museus. Um dos aspetos a ter em consideração é que existem muitos dispositivos móveis com câmaras fotográficas e *software* dedicado à leitura dos códigos QR, enquanto o número de terminais preparados com NFC é mais reduzido. Por outro lado, o custo associado às *tags* NFC/RFID é superior ao da impressão dos códigos QR. Todavia, para que a leitura destes últimos se proceda com sucesso, é necessário que o código esteja à vista, o que não é verdade para o caso das etiquetas NFC/RFID, que podem estar ocultas (Vazquez-Briseno et al., 2012).

---

<sup>21</sup> Designado por AIDC – *Automatic Identification and Data Capture* (Vazquez-Briseno et al., 2012).

<sup>22</sup> Estes sistemas, denominados de *short-range wireless communications*, estabelecem comunicação até aproximadamente 100 metros de distância (Vazquez-Briseno et al., 2012).

<sup>23</sup> Os modos de comunicação estão definidos no *International Standard Near Field Communication – Interface and Protocol, ISO/IEC 18092 (NFCIP-1)* (Vazquez-Briseno et al., 2012).

O Museum of London (MoL), em Inglaterra, adotou o sistema NFC no ano de 2011 para expandir o leque de informações acerca dos artefactos e pinturas em exposição, a que os visitantes podem ter acesso, de modo interativo. Para tal, as pessoas têm apenas que encostar o *smartphone* às áreas assinaladas – imagem mais à esquerda na Figura 13 – e terão acesso a vídeos, jogos, conteúdos áudio, entre outros. Adicionalmente, foi pensada a inclusão das redes sociais Facebook, Twitter e Foursquare, através de etiquetas espalhadas pelo museu; o visitante, ao aproximar o seu dispositivo móvel desses locais, pode aceder à sua conta e começar instantaneamente a seguir o museu, ou mesmo a fazer “like”. Como incentivo ao uso desta tecnologia, o MoL atribui cupões e *vouchers* de desconto aos utilizadores que acedam a *tags* específicas (Boyle, 2013a, 2013b).



Figura 13 – Utilização da tecnologia NFC (Boyle, 2013a; MAT Edizioni, 2013; Musée du Quai Branly & Orange, 2012).

Em Paris, refere-se a aplicação móvel “Le musée en musique” do Musée du Quai Branly, disponível desde 2012 para o sistema operativo Android, que permite ao seu público descobrir novos detalhes sobre a coleção permanente do museu. Recorrendo à tecnologia NFC – imagem central da Figura 13 – os visitantes podem ouvir o som dos instrumentos musicais e assistir a vídeos onde são comunicadas técnicas de construção dos instrumentos e de como se consegue obter música a partir deles (Musée du Quai Branly & Orange, 2012). Em Itália, aponta-se o museu Wolfsoniana, na cidade de Génova, que introduziu a tecnologia NFC no ano de 2013 para tornar a visita ao museu mais rica e interativa (Boden, 2013), e também a galeria de arte Pinacoteca Ambrosiana, na cidade de Milão, que em 2012, em parceria com a empresa Samsung, integrou o sistema NFC junto das obras de arte – imagem mais à direita na Figura 13 – para apresentação de vídeos e outros detalhes adicionais, que podem ser acedidos através dos dispositivos Galaxy S3 (MAT Edizioni, 2013). No mesmo ano, o Australian Museum, em Sydney, acrescenta aos painéis com a descrição dos artefactos *tags* NFC. Apesar de ser mencionado que numa fase inicial os visitantes não estavam familiarizados com esta tecnologia, após a adaptação à mesma conseguiram tirar partido dos vídeos, que revelavam os bastidores do Museu, e das imagens apresentadas. À semelhança do que acontecia no MoL, também o Australian Museum prevê a partilha nas redes sociais e, com isto, a possibilidade dos indivíduos poderem passar a acompanhar o Museu nestes espaços (Kelly, 2012).

#### 2.2.5.8. MUSEUS VIRTUAIS

De acordo com Geser e Niccolucci (2012) não existe uma conceptualização bem definida para museu virtual, devido, em parte, à constante evolução da tecnologia. No entanto, os autores compreendem que estes permitem complementar a comunicação dos museus reais e a exposição do acervo, entre outras possibilidades. Tomando como base a estrutura e o propósito principal que os museus virtuais servem, é possível distinguir três variantes: centrados no conteúdo, centrados na comunicação e centrados na colaboração. O primeiro caso refere-se essencialmente à visita que acontece *online*, onde o utilizador tem acesso a imagens de objetos reais em exposição no museu físico ou a coleções puramente digitais, que são normalmente acompanhadas de informações fidedignas acerca dos mesmos. Por outro lado, quando o foco do museu virtual é o de promover o conhecimento e a aprendizagem cultural, constata-se a preocupação em descrever minuciosamente os factos originais, seguindo narrativas contextuais que fazem uso de textos, imagens, linhas do tempo, mapas, animações e vídeos; assim, diz-se que o museu virtual é centrado na comunicação (Geser & Niccolucci, 2012). Por fim, a variante mais direccionada para a colaboração promove a participação ativa dos visitantes numa comunidade, os quais podem adicionar comentários, contribuir para a construção de conhecimento acerca de determinados artefactos ou partilhar e “espalhar a mensagem” nas redes sociais (Geser & Niccolucci, 2012; Schweibenz, 2012). Em relação a esta última distinção, existe a preocupação de verificar se os conteúdos acrescentados pelos elementos do público – que na sua maioria não é especialista no assunto – são verídicos e relevantes, pelo que se entende a necessidade de existência de moderação (Geser & Niccolucci, 2012).

Até agora, percebeu-se que um museu virtual sólido e de qualidade não é constituído pela mera reposição de fotografias, devendo-se tomar como desafio derradeiro a criação de uma exposição virtual, que se preocupe com a narrativa e aspetos relacionais entre os diversos objetos, ao invés de uma coleção digital. Neste sentido, mostra-se essencial a colaboração entre especialistas em tecnologia, curadores e outros peritos na matéria para a construção dos conteúdos a apresentar, de forma a conseguir chegar às várias camadas do público com rigor e clareza de exposição (Schweibenz, 2012).

Olhando para estes museus numa perspetiva de acesso global, percebem-se imediatamente as vantagens inerentes aos mesmos: ao passo que para o caso dos museus físicos os visitantes necessitam de investir tempo, disposição e dinheiro para efetuarem a deslocação até ao local, os museus virtuais, por sua vez, podem ser acedidos a partir de dispositivos com ligação à Internet, em qualquer lugar. Adicionalmente, pessoas de diversos pontos do globo terrestre podem conhecer virtualmente museus nos quais nunca estiveram, por diversos motivos. Porém, quando comparadas a experiência, riqueza, sensações e interação próprias da visita presencial, percebe-se que os museus físicos não podem, de todo, ser substituídos. Desta forma, compreende-se que nenhum deles deve ser depreciado, pois ambos apresentam pontos mais ou menos positivos e as razões que conduzem ao acesso aos mesmos são distintas (Schweibenz, 2012). A título de conclusão desta discussão, entende-se que deve ser adotada uma perspetiva tolerante para a relação entre os museus virtuais e físicos, a qual comporta a noção de complementação: por

exemplo, um indivíduo, antes de ir a um determinado museu, pode aceder ao seu local na *web* para planear a sua visita.

Em Portugal, refere-se a inauguração do Museu Virtual RTP<sup>24</sup> no ano de 2009, que se desdobra em várias possibilidades de interação; a qualquer momento, o utilizador tem controlo sobre as direções que pretende seguir e quais as salas que quer visitar. Ao longo da visita, é dado a conhecer o acervo tangível e intangível no museu, destacando-se a possibilidade de no “Estúdio Virtual” gravar a apresentação de uma notícia através da *webcam* e do microfone, e, posteriormente, poder partilhar o resultado da experiência (Museu RTP, n.d.).

No Brasil, aponta-se o Museu de Artes e Ofícios<sup>25</sup> – imagem mais à esquerda na Figura 14 – por permitir a visita virtual àquele espaço, localizado fisicamente na cidade de Belo Horizonte, acompanhada das explicações de um guia que vão sendo ouvidas à medida que a navegação pelas diversas galerias ocorre, suportada por imagens em 360°.



Figura 14 – Exemplos de três museus virtuais (Museu de Artes e Ofícios (n.d.); The Virtual Museum Of Iraq (n.d.); Valentino Garavani Museum (n.d.)).

Com um ambiente de interação semelhante ao Museu de Artes e Ofícios, no museu virtual do National Museum of Natural History<sup>26</sup>, na cidade de Washington nos Estados Unidos, é possível “passear” entre diversas salas e ver os acervos, mas desta feita, sem um guia. No entanto, o Melbourne Museum disponibiliza o acesso à exposição virtual “The Melbourne Story”<sup>27</sup>, onde a navegação se processa de modo semelhante aos dois museus anteriormente apontados, mas com a adição de se poder aceder a qualquer momento a um mapa onde se assinala a localização da imagem que se está a ver, e, ao carregar com o cursor do rato no símbolo de uma câmara, é possível visualizar vídeos explicativos. Por sua vez, no Virtual Museum of Iraq<sup>28</sup> – imagem central na Figura 14 – o utilizador pode escolher qual a sala a visitar, e, dentro da mesma, consegue interagir com cada um dos artefactos em exposição, ver fotografias aproximadas e conhecer

<sup>24</sup> Museu Virtual RTP. (n.d.). Consultado a 20 novembro 2013, <http://museu.rtp.pt/>

<sup>25</sup> Museu de Artes e Ofícios. (n.d.). Consultado a 20 novembro 2013, [http://www.eravirtual.org/mao\\_br\\_1/](http://www.eravirtual.org/mao_br_1/)

<sup>26</sup> National Museum of Natural History. (n.d.). Consultado a 20 novembro 2013, <http://www.mnh.si.edu/vtp/1-desktop/>

<sup>27</sup> The Melbourne Story. (n.d.). Consultado a 20 novembro 2013, <http://museumvictoria.com.au/melbournemuseum/whatson/current-exhibitions/melbournestory/virtual-exhibition/>

<sup>28</sup> The Virtual Museum Of Iraq. (n.d.). Consultado a 20 novembro 2013, <http://www.virtualmuseumiraq.cnr.it>



detalhes adicionais. Finalmente, o Valentino Garavani Museum<sup>29</sup> – imagem mais à direita na Figura 14 – apresenta-se como um museu exclusivamente virtual, no qual se pode navegar entre diferentes salas e conhecer as indumentárias criadas pelo estilista ao longo da existência da marca, para além de se ter acesso a desenhos originais e galerias de fotografias de diversos períodos da história.

#### 2.2.6. REFLEXÃO MULTISSENSORIAL EM MUSEUS

Se comparadas as visitas a um museu nos dias de hoje com aquilo que acontecia há dez anos atrás, observa-se que a inclusão da tecnologia nestes espaços permitiu a adaptação de novas formas de comunicar as exposições, promovendo também a interação dos visitantes com os objetos que as compõem. Aos poucos, as instituições museológicas começam a desenvolver soluções multissensoriais “...para permitir uma maior aproximação ao público, oferecendo-lhes novas oportunidades de perceção e compreensão dos espólios museológicos.” (Neves, 2010, p. 188). Em relação aos sentidos humanos mais estimulados no processo de perceção, e tomando em consideração a secção anterior, na qual se abordaram diversas soluções tecnológicas presentes em museus, constata-se que a visão e a audição são os mais requeridos. De facto, o visionamento de conteúdos é inerente a todos eles, à exceção dos guias de áudio, que concentram as atenções na audição, ainda que convidem muitas vezes a uma observação mais atenta dos elementos expostos.

Por sua vez, Classen (2007) afirma que na esmagadora maioria dos casos os artefactos podem apenas ser olhados, contrastando com a carência de utilização de um dos principais sentidos humanos que permite a interação com o mundo: o tacto. Contudo, são apontados diversos exemplos que onde a inclusão de soluções multissensoriais são exploradas, evidenciando que esta prática, outrora inibida, se está a alterar. Em Portugal, o Museu do Azulejo, em Lisboa, criou azulejos com baixo-relevo para garantir que pessoas invisuais consigam “ver” os azulejos (Neves, 2010). O British Museum, em Londres, prevê também momentos em os visitantes têm a experiência de poder tocar e pegar em alguns objetos (Classen, 2007).

A possibilidade de se poder estabelecer contacto físico com os elementos expostos, apresenta a vantagem de complementar sensorialmente aspetos que a visão não consegue apreender por si só, tais como o peso, textura, materiais e rigidez dos artefactos (Classen, 2007; Morgan, 2012). Adicionalmente, o seu manuseamento permite a observação de diversos ângulos, a aproximação e afastamento, e ainda ter a noção se o seu interior é oco ou não. Não obstante, o toque em objetos musealizados é algo especial, transmitindo a sensação de prestígio – dada a proximidade tomada com algo que já atravessou vários séculos e pertenceu a ilustres da sociedade ou à realeza – e ligado muitas vezes ao divino (Classen, 2007). Como exemplo para esta última consideração, aponta-se a crença de que ao tocar no pé direito da estátua de São Pedro, presente na Basílica com o mesmo nome, no Vaticano, a pessoa é abençoada (St Peters Basilica, n.d.). Em

---

<sup>29</sup> Valentino Garavani Museum. (n.d.). Consultado a 20 novembro 2013, <http://www.valentinogaravanimuseum.com/online-museum>



contrapartida, este contacto mostra-se bastante dispendioso em termos de tempo, o que nem sempre é vantajoso para os museus com grande afluência de visitantes; ainda, o mau manuseamento das peças pode conduzir a situações de danos irreparáveis ou até mesmo ao desaparecimento das mesmas (Neves, 2010). Sobre isto, a autora afirma que para situações que comportam algum risco, a utilização de réplicas é uma solução viável, dada a pormenorização que se consegue obter em relação ao artefacto original.

Como consideração final desta secção, considera-se vantajosa a inclusão de mecanismos multissensoriais em contexto expositivo, por enriquecer a experiência de visita ao museu e promover o contacto direto com as obras – ou cópias das mesmas. Nas palavras de Neves (2010), “Uma comunicação baseada no multi-formato e na estimulação multi-sensorial potenciará uma dinâmica lúdico-educativa que levará o visitante a uma interação ativa com o museu e à apropriação pessoal das mensagens por ele veiculadas, independentemente do seu perfil pessoal” (Neves, 2010, p. 183).

Tomando como ponto de partida esta última premissa, a próxima secção irá ser dedicada à explanação das interfaces tangíveis, dado que se apresentam como elementos que possibilitam a comunicação com o utilizador, e nos quais a interação envolve componentes multissensoriais, entre os quais, o tacto assume um papel de relevância.

## **2.3. INTERFACES TANGÍVEIS**

Ao longo da evolução dos dispositivos computadorizados, a lógica de interação predominante para levar a cabo ações em ambientes virtuais foi-se mantendo constante, fazendo-se uso de um rato e de um teclado como formas de exercer influência no estado das janelas, ícones, menus e ponteiros, designados de WIMP – *windows, icons, menus and pointers*. No entanto, o aperfeiçoamento dos entendimentos acerca de aspetos psicológicos e sociais ligados à interação humano-computador, denominada de HCI – *human-computer interaction*, viria a alterar este paradigma, motivada também pelos resultados das pesquisas em que se procuraram criar novos estilos e interfaces, divergentes do que existia até então. Esta mudança de foco promoveu a inclusão da computação em ambientes e objetos do quotidiano, que foi ganhando crescente popularidade, sendo que no ano de 2007 se realizou a primeira conferência dedicada exclusivamente às interfaces tangíveis, em Baton Rouge, Louisiana (Shaer & Hornecker, 2009).

### **2.3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA**

O estabelecimento e aceitação da noção de interfaces tangíveis – *tangible interfaces* – não foram imediatos. Os primórdios deste conceito remontam ao ano de 1993, aquando da publicação de “Back to the Real World”, na qual se alertava que quer o meio digital, próprio dos computadores, quer a realidade aumentada, não constituem ambientes naturais para os seres humanos;

evidenciava-se a necessidade de desenvolver práticas que permitissem uma convivência mais equilibrada entre o mundo real e o virtual, nas quais a dimensão física fosse enriquecida por elementos digitais (Shaer & Hornecker, 2009).

Dois anos passaram, e em 1995 Fitzmaurice, Ishii e Buxton apresentaram o conceito de *Graspable User Interfaces*, em que elementos outrora contidos na interface virtual assumem agora formas físicas, passíveis de serem manuseadas pelo utilizador. Estes objetos tangíveis – designados de *bricks* – são usados como *inputs* do sistema, permitindo manipular elementos e controlar ações do ambiente digital. Por outro lado, abandona-se a ideia de *time-multiplexed*, passando a atuar no campo do *space-multiplexed*. Em relação ao primeiro caso, no qual o tempo é multiplexado, os dispositivos de entrada são utilizados para controlar funções distintas, em diferentes momentos do tempo, isto é, apenas uma tarefa pode ser executada de cada vez. Consequentemente, diz-se que a interação acontece sequencialmente no tempo, em que cada operação ocorre isoladamente. Em oposição, quando a multiplexagem acontece a nível do espaço – *space-multiplexed* – existem transdutores dedicados a cada uma das entradas, que monitorizam constantemente os acontecimentos que se desenrolam pela manipulação dos *inputs*. Assim, para o mesmo período temporal, podem ser efetuadas diversas ações em simultâneo, e é precisamente neste princípio que as *Graspable User Interfaces* têm origem (Fitzmaurice, Ishii, & Buxton, 1995). Ainda em relação à classificação *space-multiplexed*, considera-se que esta facilita a interação humano-computador, dado que prevê que a mesma se possa desenvolver com duas mãos. No caso concreto do trabalho dos autores, através do manuseamento de apenas um *brick* é possível criar novos objetos digitais, movê-los e rodá-los; destas ações, provocadas no mundo real, resultam consequências no ambiente digital. Todavia, ao dispor outro *brick* sobre a interface, a interação passa a acontecer com recurso às duas mãos, podendo os objetos virtuais serem aumentados, diminuídos, encurvados e rotados (Fitzmaurice et al., 1995); estes princípios de interação encontram-se aplicados nas superfícies multitoque (Shaer & Hornecker, 2009).

O conceito de “Tangible Bits” surge aquando da publicação do trabalho de Ishii & Ullmer (1997), baseada na ideia de que existem dois universos distintos que se cruzam no mesmo momento do tempo: o real, dos átomos, e o digital, dos *bits*. Desta forma, a designação refere-se ao estabelecimento de uma relação equilibrada na convivência entre estes dois como um todo, através da qual se pretendeu tornar háptica a informação virtual. Para tal, distinguem-se três conceitos-chave: “*coupling of bits and atoms*” diz respeito à atribuição de dados digitais a objetos tangíveis, que ganham expressão quando entram em contacto com as “*interactive surfaces*” – interfaces sólidas adaptadas para a coexistência de ambos os mundos. Por conseguinte, o “*ambient media*” comporta elementos que permitem influenciar discretamente a percepção humana, entre os quais se apontam o som, a luz e o movimento do ar. O foco do trabalho dos autores recaiu essencialmente em embeber elementos computacionais no ambiente físico, como forma de o aumentar. Assim, estabelecem um novo tipo de interação humano-computador a que atribuíram a denominação de “Tangible User Interface” – TUI – cujo modelo conceptual combina a arquitetura de sistema da computação ubíqua com o modelo conceptual da realidade aumentada e com a computação física, de forma a converter o mundo numa interface. Com isto, os objetos materiais permitem simultaneamente representar e manipular conteúdos digitais (Ishii & Ullmer, 1997).

A título de indicação dos primeiros protótipos de TUIs desenvolvidos, apontam-se o “metades” e o “ambientROOM”. Em relação ao trabalho “metaDESK”, Ullmer e Ishii (1997) referem que tornaram tangíveis elementos gráficos presentes em ambientes computadorizados, aos quais deram o nome de *phicons*. Com base neste projeto, desenvolveram o Tangible Geospace, um mapa interativo do *campus* do Massachusetts Institute of Technology (MIT), constituído por uma superfície, onde era projetado um mapa a duas dimensões, um LCD – *active lens* – para a observação do *campus* em três dimensões, um objeto semelhante a uma lupa – *passive lens* – para a visualização do mapa e um *instrument* para colocar restrições a nível da rotação (Ishii & Ullmer, 1997; Ullmer & Ishii, 1997). Por oposição, o “ambientROOM” faz uso de características envoltas no ambiente – som, iluminação, sombras, fluxo de ar e de água – como meios de comunicação naturais para a perceção do utilizador. De acordo com a variação da iluminação dentro da divisão, o volume de sons agradáveis para o ouvido humano, como o chilrear de pássaros e o cair da chuva, vai-se modificando. Para este protótipo, recorreu-se a objetos físicos para representar fontes de informação – *information sources* – que sempre que são movidos para a proximidade de locais específicos – *information sink* – despoletam eventos subtis (Ishii & Ullmer, 1997; Wisneski et al., 1998).

### 2.3.2. PROPRIEDADES, CLASSIFICAÇÕES E TERMINOLOGIA

Com vista a posicionar as TUIs como uma área de investigação específica e em expansão, Ullmer e Ishii (2001) apresentam o modelo de interação MCRpd – *model-control-representation (physical and digital)* – através do qual explicitam que as *tangible interfaces* constituem sistemas em que se atribuem formas a conteúdos digitais, recorrendo a objetos físicos que atuam simultaneamente como representações e como controlos das interfaces computacionais. De um lado apresentam-se as figuras físicas, com dados embebidos e passíveis de serem manipuladas, e do outro, as representações digitais, como mediadoras da comunicação entre ambos os mundos. Para este último caso, referem-se como exemplos os *pixels* de um ecrã e as ondas sonoras provenientes de uma coluna (Ullmer & Ishii, 2001). Adicionalmente, o modelo MCRpd evidencia quatro propriedades fundamentais das TUIs:

- *Computational coupling* – aos objetos tangíveis são acopladas informações digitais recorrendo a mecanismos computacionais;
- *Control* – as representações físicas podem ser movidas, rotadas e encaixadas umas nas outras, atuando como mecanismos de controlo interativo;
- *Perceptual coupling* – aos artefactos físicos estão associados dados mediadores de representações digitais (e.g. áudio e imagens);
- *Representational significance* – o estado do sistema está patente nas características dos elementos tangíveis.

Com o que acima foi dito, percebe-se que os autores se distanciam da distinção entre o que constitui o *input* e o *output*, fazendo incidir a atenção no campo da integração de elementos tangíveis que atuam como controladores da própria interface (Shaer & Hornecker, 2009; Ullmer & Ishii, 2001).

No ano de 2005, Ullmer, Ishii & Jacob agruparam as *tangible user interfaces* em três classes distintas, de acordo com a interação e disposição dos elementos nestas superfícies. Ao passo que as *interactive surfaces* são aquelas em que o utilizador consegue manipular objetos físicos em superfícies planas, a classificação *constructive assembly* diz respeito às interfaces em que artefactos tangíveis são passíveis de serem encadeados sucessivamente para a construção de novas estruturas, uma vez que podem ser assentes e colocados junto dos semelhantes. Para estas duas distinções, aponta-se que cabe ao sistema o papel de interpretar a disposição espacial e a interligação entre as diversas peças materiais. Não obstante, as interfaces da terceira classificação – *token+constraint* – possibilitam a interação com informação digital abstrata, que por si só não possui nenhum atributo físico que a caracterize. Esta abordagem proporciona soluções a nível do espaço e das tarefas a serem executadas, envolvendo *tokens* tangíveis para a referência de conteúdos virtuais e *constraints*, também palpáveis, para estabelecer limites de mapeamento a nível da posição e movimento mecânico, os quais estruturam os campos em que a ação dos *tokens* pode ser desenvolvida. A fim de realizar diferentes operações digitais, cada *token* pode ser transferido entre vários *constraints*, que, por sua vez, podem abarcar mais do que um *token*. Para esta última possibilidade, a posição relativa e absoluta de cada um dos *tokens* resulta em diferentes interpretações a nível do *mapping* (Ullmer et al., 2005).

Por outro lado, o paradigma TAC – *Token and Constraints* – tem a sua génese nos primórdios da classificação *token+constraint*, evidenciando a relação entre um *token* com pelo menos um *constraint*, e foi desenvolvido com o objetivo de introduzir um conjunto de normas que permitem descrever a estrutura e funcionalidades de um número alargado de TUIs. Como tal, o paradigma TAC apresenta terminologia e propriedades próprias (Calvillo-Gámez, Leland, Shaer, & Jacob, 2003; Shaer & Hornecker, 2009):

- *Variable* diz respeito à informação digital associada às TACs.
- *Pyfo* indica um objecto físico, presente numa interface tangível, enquanto *constraint* se refere ao *pyfo* que limita o comportamento de outros *pyfos*. Por sua vez, o termo *token* vê-se empregue para apontar um *pyfo* com o qual o utilizador estabelece uma interação tangível que permita cumprir uma tarefa, estando limitado pelos *constraints*. No entanto, cada *pyfo* deve representar um *token*, um *constraint*, ou ambos, e para ser considerado um *token*, o *pyfo* tem que estar associado a uma *variable* e a um *constraint*. Adicionalmente, um *token* deve refletir a natureza da sua informação e da função que representa, limitado pelos *constraints*.
- A abreviatura TAC indica um *token* associado a pelo menos um *constraint*; cada TAC possui uma *variable* associada e tem um comportamento discreto ou contínuo.

Em suma, enfatiza-se que a perspectiva *token+constraint* prevê o mapeamento físico da informação digital, enquanto o paradigma TAC se preocupa com a identificação de elementos fulcrais das *tangible user interfaces* (Calvillo-Gámez et al., 2003; Shaer & Hornecker, 2009; Ullmer et al., 2005). Contudo, restam ainda dois conceitos ligados às TUIs por explorar: *affordance* e *mapping*.

O conceito *affordance* foi apresentado por Gibson no ano de 1979, aquando da publicação do trabalho “The Ecological Approach to Visual Perception”, e introduzido no campo da HCI por

Norman, no livro “The Psychology of Everyday Things”, em 1988 (Edge, 2008; Shaer & Hornecker, 2009). O termo *affordance* denota a possibilidade de ações que se compreendem que um objeto pode tomar em determinada situação, e, de acordo com Norman, a terminologia refere-se ainda às propriedades inerentes a esse mesmo elemento físico, que convidam o utilizador a exercer um comportamento específico, como premir um botão, por exemplo (Shaer & Hornecker, 2009). A autora afirma ainda que variações no tamanho, na forma e no material têm influência direta no modo como o artefacto é manejado. Regressando por momentos à distinção de Ullmer et al. (2005) acerca da estrutura das TUIs – *interactive surface*, *constructive assembly* e *token+constraint* – para o primeiro caso considera-se que as *affordances* primárias dizem respeito ao posicionamento, à orientação e ao movimento dos objetos físicos ao longo da superfície. Já a *constructive assembly* apresenta *affordances* primárias ao nível da conexão entre as peças, dos próprios encaixes mecânicos e não mecânicos e ainda do material de que são feitas. Finalmente, as características do sistema *token+constraint* constituem por si só *affordances*, dado que um objeto limita a manuseação que se faz do outro (Edge, 2008).

A título de encerramento desta secção, apresenta-se o conceito de *mapping*, que, de acordo com Shaer e Hornecker (2009), aparece no trabalho de Norman associado às relações visuais entre os efeitos que se pretendem obter com uma determinada ação, e entre os elementos presentes na interface e os *outputs* que se verificam, servindo de suporte às noções de *affordance* e *constraints*.

### 2.3.3. PERSPETIVAS E ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO

Em relação às perspetivas complementares que consolidam as *tangible user interfaces*, serão abordadas nesta secção a computação tangível, a interação tangível e a interação baseada na realidade.

A primeira, designada na literatura estrangeira por *tangible computing*, apresenta a particularidade de aumentar os objetos físicos através de conteúdos digitais, tendo como resultado a sensação de realidade criada em torno dos aspetos virtuais. Proposta por Paul Dourish no ano de 2001, assenta na possibilidade de integrar módulos computadorizados nos mais diversos ambientes, e é apontada como uma área que deriva da computação ubíqua. Como tal, apresenta a característica de se apresentar repartida ao longo de diversos objetos e dispositivos conectados e coordenados de alguma forma entre si – ao invés de se concentrar num único local – não tendo sido pré-estabelecido que a interação se venha a desenvolver de modo sequencial no tempo. Adicionalmente, o *design* de todos os materiais sujeitos a manuseamento torna o seu uso intencional, dotando-os de *affordances*, que proporcionam uma interação intuitiva do utilizador com a interface (Edge, 2008; Shaer & Hornecker, 2009).

Por sua vez, a interação tangível, ou *tangible interaction*, foca-se na experiência de utilização e interação com o sistema, comportando quatro abordagens relacionadas com as TUIs, propostas aquando da publicação do trabalho de Hornecker e Buur (2006). *Tangible manipulation* diz respeito aos elementos físicos que constituem a interface e que são manipulados pelos

utilizadores, encontrando-se em conversação permanente com o sistema digital; constituem, ao mesmo tempo, o objeto e o dispositivo através dos quais ocorre a interação. Sendo o espaço uma propriedade das interfaces tangíveis, *spatial interaction* antevê a ocorrência da influência recíproca homem-máquina no espaço em questão, ao passo que *embodied facilitation* estuda em que medida as interações sociais são afetadas de acordo com as disposições dos objetos e configurações do espaço. Por fim, a abordagem *expressive representation* preocupa-se com a legibilidade e significância das representações de dados digitais (Hornecker & Buur, 2006).

A terceira perspetiva – *reality-based interaction* – tem em conta as habilidades que os seres humanos desenvolvem para se relacionarem consigo, com o mundo e com os seus semelhantes. Com base nestas constatações, a interação baseada na realidade é apresentada no trabalho de Jacob et al. (2008) como uma estrutura unificadora entre essas observações e a aplicação das mesmas no campo de HCI, com o intuito de tornar a experiência de utilização mais intuitiva e natural. Posto isto, referem-se os quatro temas enunciados pelos autores para que o contacto com os aparelhos eletrónicos seja tão natural quanto o que ocorre no mundo não digital. *Naïve physics* refere-se ao senso comum que os indivíduos adquirem acerca do mundo que os rodeia; noções básicas, de que constituem exemplo a velocidade, as escalas de medida, a força que a gravidade exerce na matéria, entre outras. Em oposição, à consciência que as pessoas encerram relativamente aos próprios corpos e à destreza que desenvolvem para ser coordenarem, independentemente do meio em que estão inseridas, é dada a denominação de *body awareness and skills*. Como aplicação direta deste assunto, são referidos os dispositivos que permitem interação com ambas as mãos. Por sua vez, em *environment awareness and skills* aponta-se que os sujeitos são dotados de compreensão acerca do que os circunda e possuem habilidades para manipular, negociar e moverem-se por entre o meio que os acolhe. Por último, *social awareness and skills* comporta as considerações de que os seres humanos têm consciência uns dos outros no meio, e que tendem a interagir entre si (Jacob et al., 2008).

Todas as perspetivas acima abordadas são apontadas como estruturas englobantes de interação nas áreas de realidade e virtualidade aumentada, computação ubíqua e interação tangível (Shaer & Hornecker, 2009). De seguida, a atenção será dedicada à apresentação de quatro áreas de investigação relacionadas com as TUIs: *tangible augmented reality*, *tangible tabletop*, *ambient displays* e *embodied user interfaces*.

As interfaces *tangible augmented reality* têm a sua génese num princípio sugerido pelas TUI, onde se recorre à sobreposição de um ecrã para visualizar conteúdos aumentados de um objeto físico. Assim, estas interfaces combinam um *input* tangível com um monitor que serve de *output*, no qual a realidade aumentada ganha expressão. Para tal, cada elemento virtual tem associado a si um par material, com o qual o utilizador interage para aceder e manipular o que observa no mundo digital, a três dimensões (Billinghurst, Kato, & Poupyrev, 2008). Por oposição, em *tangible tabletop* combinam-se técnicas de interação com tecnologias de TUIs e superfícies multitoque. Neste caso, aponta-se que, tipicamente, as superfícies das mesas servem de base para a interação, enquanto um mecanismo de monitorização das peças, sujeitas a manuseamento, se encontra embebido na própria superfície. Em relação aos *ambient displays*, aponta-se que os artefactos físicos são utilizados para comunicar informações acerca do ambiente que os rodeia,

servindo estes materiais quer como *input*, quer como *output* do sistema. Por fim, explora-se nas *embodied user interfaces* a incorporação da computação em terminais e aparelhos físicos, nos quais ações provocadas pelo utilizador fazem despoletar acontecimentos digitais (Shaer & Hornecker, 2009). Como exemplo, aponta-se a metáfora de mudar de páginas ao ler um livro num *tablet*, onde os conteúdos digitais se encontram integrados no próprio dispositivo.

Por fim, faz-se referência à adaptabilidade de artefactos tangíveis em ambiente doméstico (Vairinhos, 2014). Na próxima secção exploram-se alguns pontos fortes e limitações das interfaces tangíveis.

#### 2.3.4. PONTOS FORTES E LIMITAÇÕES

Enumerando primeiramente os pontos positivos associados à utilização de TUIs, aponta-se desde já a multiplexagem no espaço, dado que permite ao utilizador estabelecer uma interação com os diversos objetos físicos, em paralelo. Esta característica pressupõe que a cada uma das unidades tangíveis estejam atribuídas funções distintas, potenciando a realização de tarefas num menor período de tempo (Fitzmaurice et al., 1995). Ao combinar a simultaneidade de manipulação com um *mapping* persistente, consegue-se uma instanciação entre a interface e os próprios artefactos tangíveis, usados como entradas. Não obstante, é possível tirar partido das cores, dimensões, peso e materiais de construção das várias formas para criar *affordances* que convidem o utilizador a desempenhar as tarefas intuitivamente: um *token* mais pesado pode indicar que deve ser arrastado, enquanto outro, com menor peso, sugere que a sua manipulação passe pela elevação (Shaer & Hornecker, 2009). Uma outra vantagem associada às TUIs tem que ver com o apoio na resolução de atividades colaborativas. Para este caso, os vários utilizadores podem interagir com o sistema como meio de cooperação entre si, tendo acesso direto a representações de dimensões do problema que tentam resolver, materializadas nos objetos físicos, que podem ser trocados e partilhados mais facilmente do que os conteúdos gráficos. De acordo com as semelhanças entre as peças e aquilo que pretendem representar do mundo real, a interação com a interface varia. Ao comparar a resolução de um problema de logística numa interface tangível e num ecrã multitáctil, os resultados apontam que para o primeiro caso se verifica uma aprendizagem maior, no qual foram ainda observados momentos de construção, exploração, colaboração e de ludicidade, durante o desempenho das tarefas (Schneider, Jermann, Zufferey, & Dillenbourg, 2011). Também os contextos em que as TUIs se inserem são apontados como um ponto positivo. De acordo com Hornecker e Buur (2006), a interação com estas interfaces tem lugar num espaço físico, concreto, no qual a configuração dos *constraints*, por um lado, permite e facilita a concretização de atividades específicas, e, por outro, limita ações particulares. Além disso, a presença da instalação num determinado local conduz à influência mútua entre o contexto de inserção e o próprio sistema que nele se encontra embebido (Hornecker & Buur, 2006; Shaer & Hornecker, 2009). Por fim, Klemmer, Hartmann, e Takayama (2006) afirmam que o contacto com objetos e o seu manuseamento permite uma aprendizagem que os livros e as palavras não conseguem proporcionar. Os autores consideram que a tangibilidade oferece uma maior compreensão do mundo em nosso redor, e denominam de *tangible thinking* a conexão entre os

movimentos corporais, a manipulação física e as representações hápticas, por facilitarem o pensamento (Klemmer et al., 2006; Shaer & Hornecker, 2009).

Entre as limitações das TUIs apontam-se para já a escalabilidade e o risco de perda das peças. Em relação ao primeiro problema, considera-se a quantidade de *tokens* que podem ser dispostos concomitantemente na superfície. Este número deve ser não só adequado ao considerado aceitável para que a interação do utilizador com a interface seja agradável, mas deve ser também ponderado de acordo com a área disponível para o efeito, de modo a que os indivíduos não se sintam perdidos em nenhum instante. Além disso, existe a todo o momento o risco de desaparecimento dos elementos tangíveis, pelo que a sua arrumação deve estar prevista, de modo a evitar a sua perda. Por outro lado, a atenção dada ao tamanho e peso dos objetos suscetíveis de manuseamento não deve ser encarada levianamente. De facto, é através destes que a interação se desenrola, podendo a sua má adaptação esgotar o interesse e causar fadiga nos sujeitos. Adicionalmente, a não versatilidade apresenta-se como um fator de risco associado ao uso das TUIs, na medida em que as peças materiais são rígidas e estáticas, não permitindo que a sua mutação possa ser realizada diretamente pelo sistema. Ao invés, se se pretender alterar alguma característica, o elemento em questão terá de abandonar a interface para ser modificado. A título de encerramento desta secção, nota-se que as interfaces gráficas apresentam a facilidade de permitir efetuar tarefas distintas e de alterar as representações do ambiente de trabalho, ao passo que as TUIs são tipicamente construídas e desenhadas para facilitarem um conjunto limitado de tarefas, daí os conteúdos gráficos estarem, tipicamente, determinados à partida (Shaer & Hornecker, 2009).

Tendo por base o referido anteriormente, compreende-se que as interfaces tangíveis apresentam pontos fortes e algumas suscetibilidades que devem ser tomadas em consideração aquando do seu desenvolvimento, e de acordo com a sua função. Ao longo da próxima secção, irá ser dada ênfase à exploração de interfaces tangíveis em contexto museológico.

### **2.3.5. INTERFACES TANGÍVEIS EM MUSEUS**

Kurio é o nome de um protótipo desenvolvido para auxiliar a visita de famílias ao Surrey Museum, localizado no Canadá. O sistema é composto por um PDA (*Personal Digital Assistant*), um *tabletop display* e três objetos tangíveis: *listener*, para ouvir trechos de áudio em pontos específicos da exposição, *pointer*, que permite apontar artefactos com uma luz, e *reader*, com a forma de uma lupa, para reunir informações. Os elementos do público são convidados a formar equipas, sendo-lhes lançado o desafio de completar três desafios à medida que exploram o museu, recorrendo aos três elementos físicos e ao PDA. Este último monitoriza o estado do jogo, por equipa, indica quais as missões a completar e fornece ajuda, caso seja solicitada. A qualquer momento, os indivíduos podem-se dirigir à área onde se encontra o *tabletop display*, para se informarem acerca do estado do jogo, visionarem informação adicional sobre pistas de como resolver as tarefas e para reverem tudo o que já foi coletado, ou o que ainda falta para completar os desafios (Wakkary et al., 2009).



O National Palace Museum localizado na cidade de Taipei, em Taiwan, acolheu entre os dias 7 de outubro de 2009 e 10 de janeiro de 2010<sup>30</sup> a exposição “Harmony and Integrity: The Yongzheng Emperor and His Times”, na qual foi disponibilizada uma interface tangível – *Yongzheng Emperor’s interactive tabletop*, ilustrada em parte na imagem mais à esquerda da Figura 15 – para permitir aos visitantes conhecer as fases da vida do imperador. Através da manipulação de seis representações físicas com diferentes figurinos de Yongzheng, e de uma outra para interagir com um calendário, dividido em catorze secções referentes ao seu tempo de vida, são apresentadas em três cenários imagens de artefactos pertencentes ao seu reinado. Entre os resultados da implementação desta TUI, os autores apontam o estabelecimento de conversação e troca de ideias entre alguns elementos do público, em torno dos temas apresentados (Hsieh et al., 2010).



Figura 15 – Exemplos de interfaces tangíveis em museus (Hsieh et al., 2010; Louvre-DNP Museum Lab, n.d.; Tangible Display, 2011).

A apresentação “Diplomacy and Sèvres Porcelain, Prestige and the French art of living in the 18th century” do Louvre-DNP Museum Lab<sup>31</sup> decorreu entre 23 de outubro de 2010 e 15 de maio de 2011 em Tokyo, no Japão, e incluiu uma área dedicada à exploração de artefactos, recorrendo a TUIs. No espaço “Richness and variety of form and decoration”, os visitantes tiveram ao seu dispor um conjunto de miniaturas físicas de algumas das porcelanas em exposição – na imagem central da Figura 15 – que, ao serem colocadas na área específica para o efeito, faziam surgir num ecrã os objetos que representam, em três dimensões. Assim, os indivíduos puderam observar as peças de vários ângulos, manuseando-as, e conhecer detalhes pouco evidentes a olho nu, através da interação com as figuras tridimensionais geradas virtualmente (Dai Nippon Printing & Musée du Louvre, 2010; Louvre-DNP Museum Lab, 2010).

No Musée d’Histoire Naturelle, localizado em Lille, França, os visitantes podem descobrir a coleção de minerais manipulando discos tangíveis numa superfície, que representam átomos – na imagem mais à direita da Figura 15. Cada um destes tem associado a si exemplares rochosos constituídos por aquela partícula, sendo possível a combinação entre os vários elementos. Para além dessas peças, o sistema “Tangible Lille” é composto por um ecrã disposto na vertical, onde são apresentadas imagens e informações relativas às rochas – como a dureza, composição, fórmula química e aplicação – e por uma superfície horizontal plana, onde as peças são movidas,

<sup>30</sup> Fonte: National Palace Museum. (2009). Harmony and Integrity: The Yongzheng Emperor and His Times. Consultado a 14 dezembro 2013, <http://www.npm.gov.tw/exh98/yongzheng/en01.htm>

<sup>31</sup> Louvre-DNP Museum Lab é um projeto de colaboração entre o Dai Nippon Printing (DNP) e o Musée du Louvre, iniciado em 2006 (Dai Nippon Printing & Musée du Louvre, 2010).

para associar e quebrar a combinação entre os átomos, e giradas, para selecionar os minerais que se pretendem conhecer em detalhe (Tangible Display, 2011).

“Offering table of Horiraa” é o nome de uma TUI integrada na exposição “Offerings for Eternity in Ancient Egypt: a Question of Survival”, que teve lugar em Tokyo entre os dias 8 de outubro de 2011 e 4 de março de 2012, no espaço do Louvre-DNP Museum Lab. A interface, que faz uso da realidade mista, consiste num espelho que monitoriza os movimentos que os visitantes executam com os objetos tangíveis, refletindo as imagens reais adicionadas de conteúdos virtuais. Um dos elementos manuseáveis é um turíbulo, que aparece projetado na interface como se estivesse efetivamente a queimar incenso, observando-se fumo a sair do mesmo; por outro lado, ao inclinar um vaso sobre a mesa, é apresentada informação virtual que representa água corrente. Por fim, existe uma área na qual o visitante pode tocar – onde se encontra o artefacto real da mesa de oferta de Horiraa – e ao fazê-lo, surge no espelho uma animação sobre a reflexão desta superfície (Hara & Oda, 2012; Louvre-DNP Museum Lab, 2011).

Também no local do Louvre DNP-Museum Lab, em Tokyo, decorreu entre 27 de abril e 28 de outubro de 2012 a exposição “El niño azul, Goya and Spanish Painting in the Louvre”, com um espaço dedicado ao entendimento de fatores ligados à pintura. A instalação “The painting, a material object” possibilitou aos visitantes manipular oito elementos físicos, entre os quais, quatro representavam materiais próprios para pintar, cujo manuseamento permitia atuar nas diferentes camadas que compõem a obra, com o intuito de dar a conhecer as várias fases da sua criação. Adicionalmente, as quatro peças restantes despoletavam imagens com as alterações provocadas no trabalho original pelo tempo e por fatores externos, como a humidade, o calor e a exposição à luz (Louvre-DNP Museum Lab, 2012a, 2012b).

Tangible Synergetic Domes é uma *tangible user interface* desenvolvida para ser implementada numa exposição dedicada às crianças, num museu de ciência. O objetivo da interface é auxiliar os visitantes a compreender os princípios de construção de uma cúpula geodésica, com base na interação com triângulos projetados na superfície, sem que necessitem de conhecer a teoria matemática por detrás da edificação. A interface faz uso de uma câmara e de três emissores de infravermelhos para monitorizar a posição dos dedos ao longo da área hemisférica, onde a imagem é projetada, à medida que os utilizadores vão selecionando os triângulos virtuais e os posicionam nos locais que consideram corretos (Leighton, Mazalek, & Rèbola, 2013).

Entre os dias 1 de fevereiro e 1 de setembro de 2013 realizou-se em Tokyo a décima apresentação do Louvre-DNP Museum Lab, intitulada “A Masterpiece of Ancient Greece: a World of Men, Gods and Heroes”. Nesta, os visitantes puderam fazer uso de uma interface tangível na área “Heracles, a Myth in Images”, onde manuseavam uma cópia da estatueta “Heracles Resting” para interagir com imagens de artefactos da Grécia antiga, projetadas num mapa interativo. Ao passar o objeto físico sobre as representações, estas eram expandidas, ao passo que se a figura material fosse pousada sobre as mesmas, outras fotografias adicionais eram apresentadas num ecrã disposto de frente para o utilizador, onde poderiam ser observados em maior dimensão e com mais detalhe (Louvre-DNP Museum Lab, 2013a, 2013b).

### **III. IMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO**

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DO MM GERDAU – MUSEU DAS MINAS E DO METAL**

##### **3.1.1. MUSEU DAS MINAS E DO METAL: A INSTITUIÇÃO**

O Museu das Minas e do Metal<sup>32</sup>, inaugurado a 22 de março de 2010, encontra-se localizado na cidade de Belo Horizonte – capital do Estado de Minas Gerais – Brasil, no Prédio Rosa<sup>33</sup> da Praça da Liberdade. Conjuntamente com outros dez museus e espaços culturais, insere-se no maior complexo cultural do Brasil, localizado na região central de Belo Horizonte: o Circuito Cultural Praça da Liberdade<sup>34</sup>.

Concebido para destacar a relação da história e das expressões culturais do Estado de Minas Gerais, o Museu das Minas e do Metal – MMM, com uma área de aproximadamente 6000 m<sup>2</sup>, contou com o projeto de ampliação e adequação do edifício para a nova finalidade, da autoria dos arquitetos Paulo Mendes da Rocha e Pedro Mendes da Rocha. A concepção museográfica é assinada por Marcello Dantas, tendo sido projetadas 44 atrações, dispostas ao longo de 18 salas, que obedecem a uma linguagem tecnológica e de interação, onde a metalurgia é colocada em perspectiva histórica e nas quais se desvenda o papel do metal na vida humana; aqui, a atenção recai sobre os temas da diversidade, características, processos produtivos e as suas inserções no imaginário coletivo. Do número total de instalações, 11 são dedicadas às principais minas do Estado.

Com um total de aproximadamente 264 mil visitantes entre junho de 2010 e maio de 2014, o MMM tem por missão “provocar encantamento, experiências instigantes e conexões entre pessoas, tempos, ciências, linguagens e saberes, a partir das minas e do metal”, respeitando e elevando os valores de “excelência, criatividade, respeito, transparência, comprometimento, cordialidade, entusiasmo, flexibilidade, cooperação e sustentabilidade”. Por sua vez, a visão do Museu das Minas e do Metal é a de “ser reconhecido como um museu atuante e representativo para a cidade em educação, cultura, ciência, tecnologia e entretenimento, conectado com o país e o mundo” (Circuito Cultural Praça da Liberdade, 2012a, 2012b; Museu das Minas e do Metal, 2010; Revista BHNews, 2013).

Como prova do trabalho desenvolvido pelos colaboradores do MMM no caminho da excelência, o Museu apresenta-se como o primeiro no Brasil a receber a certificação internacional na área de

---

<sup>32</sup> <http://www.mmgerdau.org.br>

<sup>33</sup> O edifício conhecido como Prédio Rosa, projetado pelo arquiteto José de Magalhães, começou a ser construído no ano de 1895, tendo sido inaugurado em 1897, conjuntamente com a Praça da Liberdade e a cidade de Belo Horizonte. Inicialmente foi sede da Secretaria do Interior, tendo abrigado posteriormente a Secretaria de Educação (Circuito Cultural Praça da Liberdade, 2012b).

<sup>34</sup> <http://circuitoculturalliberdade.com.br/plus/>

gestão de património cultural do Instituto Herity<sup>35</sup> (junção das palavras *heritage* e *quality*), com certificação para os anos de 2012 a 2014. A avaliação foi baseada em quatro conceitos, apreciados entre 1 e 5, tendo recebido o Museu das Minas e do Metal as seguintes classificações: comunicação (informação transmitida ao visitante) – 3, conservação (estado de manutenção e reparo) – 4, relevância (percepção do bem cultural) – 4, e serviços (qualidade de acolhimento) – 3. Adicionalmente, o MMM arrecadou em 2013 o Certificado de Excelência do Trip Advisor<sup>36</sup>, concedido a partir das avaliações dos visitantes, que atribuem apreciações qualitativas – horrível, ruim, razoável, muito bom e excelente – ao espaço museológico, que deve conquistar ao longo de 12 meses consecutivos avaliações globais entre “muito bom” e “excelente” (Museu das Minas e do Metal, 2013; Revista BHNews, 2013).

No dia 26 de maio de 2014, a empresa siderúrgica brasileira Grupo Gerdau inaugurou a nova fase do MMM, passando o Museu a ser conhecido com o nome de MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal.

### **3.1.2. ATRAÇÕES: ESPAÇOS DE COMUNICAÇÃO E INTERAÇÃO**

O edifício do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, é composto por dois andares – o primeiro andar aloja o Museu das Minas e o segundo, o Museu do Metal – ao longo dos quais é possível interagir com diversas atrações, sejam estas de carácter explicativo, exploratório ou de avaliação de conhecimentos. No sentido de obter esclarecimentos mais pormenorizados acerca de cada uma das atrações do Museu, foi agendado um encontro no dia 25 de fevereiro de 2014 com o responsável pela gestão dos serviços de tecnologia de informação e comunicação do MMM – Alexandre Livino Mendes Bezerra. A visita realizou-se percorrendo cada uma das instalações, nas quais foram apresentados os meios tecnológicos que intervêm na comunicação e interação com o sistema. Após obter essas informações, o percurso foi novamente feito, desta vez com o intuito de compreender minuciosamente as opções de interação dos visitantes com cada uma das atrações.

No primeiro andar do edifício, numa sala reservada à atração denominada “Elzler Batista da Silva”, o visitante pode tomar contacto com alguns dos momentos mais significativos da vida do ilustre, sendo possível navegar entre as temáticas: formação, filosofia de vida, projeto Carajás, mineração e logística, do ministério de Jango ao Golpe de 64, a expansão internacional da Vale do Rio Doce, presidência da Vale e porto Tubarão, Brasil-Japão, desenvolvimento sustentável e estrada de ferro Vitória-Minas. De acordo com Alexandre Livino, a interação com a interface inicia-se através do movimento da mão, captada por uma câmara situada atrás da superfície onde ocorre a projecção, permitindo percorrer as diversas opções e seleccionar a que se pretende

---

<sup>35</sup> O Instituto Herity, fundado em Roma, Itália, no ano de 2002, é composto por um comité de especialistas em pesquisa, conservação, promoção e serviços relacionados com bens culturais, atuando em parceria com a UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Museu das Minas e do Metal, 2013).

<sup>36</sup> <http://www.tripadvisor.com.br/>

visionar. Os conteúdos apresentados passam pela mostra de trechos do filme “Eliezer Batista, o engenheiro do país”.

De modo análogo em termos de interação e de comunicação dos conteúdos, a instalação “Djalma Guimarães”, localizada numa sala ao lado, visa dar a conhecer aspetos biográficos e o trabalho desenvolvido pelo professor nas áreas de geologia e geoquímica, agrupados em cinco categorias: o geólogo, o professor, o legado, o nióbio e o homem. Em cada um dos casos selecionados, são apresentadas imagens acompanhadas de texto e áudio.

Após percorrer os corredores, os elementos do público podem ficar a conhecer uma estimativa da quantidade de minerais e outras substâncias que são consumidas ao longo da vida por um cidadão brasileiro. Esta atração, conhecida como “O Bebê Brasileiro”, não prevê nenhum modo de interação entre os visitantes e os conteúdos expostos, apostando na comunicação dos mesmos através de imagens e texto que vão passando num ecrã. O “Ábaco” – na imagem mais à esquerda da Figura 16 – localizado na mesma sala, pretende informar quais as consequências da atividade de mineração no Brasil, entre as quais, as receitas e empregos gerados, o consumo de água e de energia, a quantidade de dióxido de carbono libertado, a área que sofreu impacto, entre outros. O utilizador pode selecionar uma das sete opções de cada vez – bauxita, ferro, nióbio, ouro, calcário, diamante e água mineral – devendo, para tal, escolher o que pretende num ecrã multitoque, disposto verticalmente. Adicionalmente, a quantidade de toneladas produzidas é suscetível de ser variada, através do alinhamento dos discos do ábaco, tangíveis, que se encontram do lado esquerdo da instalação. De acordo com Alexandre Livino, esta incrementação, ou diminuição, é monitorizada por uma *webcam* colocada sob a área onde ocorre a transferência de porções, sendo o resultado obtido comunicado ao *software*. Na mesma divisão do museu, os elementos do público interagem com “O Livro das Leis” – segunda imagem da Figura 16 – através de gestos, semelhantes ao movimento de avançar as páginas num manual, captados por um sensor de movimento disposto na parte superior da instalação. Assim, é possível conhecer, em síntese, os onze princípios legais que norteiam o pensamento e a ação mineral no Brasil, que vão sendo projetados num livro físico, com as páginas em branco, à medida que o leitor efetua a sugestão.

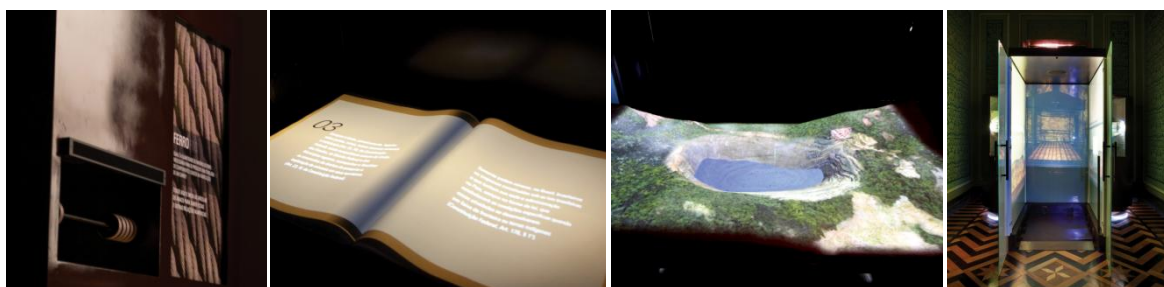


Figura 16 – Atrações no primeiro andar do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal. Fotografias: MM Gerdau.

Por sua vez, a instalação que ocupa uma maior área nessa mesma sala é denominada “Descomissionamento” – terceira imagem na Figura 16 – dando a conhecer todo o processo de exploração de uma mina, o que existia na área antes do início da atividade e como se processa a recuperação da zona, através de animações acompanhadas de texto, projetadas sobre uma superfície não regular. De referir que, para este caso, as informações vão sendo apresentadas em

*loop*, isto é, não está previsto nenhum mecanismo de interação entre o visitante e a zona de apresentação dos conteúdos.

De modo idêntico, mas com localização numa outra divisão do MM Gerda, na atração “Metais e Ligas” pode-se assistir à projeção de um vídeo numa área semelhante a um poço, na qual ocorre uma explicação acerca da fusão de diversos metais, como meio de formação de ligas. Também para este caso, a componente fundamental é a de comunicação de conhecimentos – através da analogia com a atividade de cozinhar – não existindo nenhum sistema para que ocorra a interação com o que vai sendo apresentado. A instalação “Chica da Silva”, localizada na mesma sala do museu, é constituída por quatro malas de veludo, dispostas sobre uma mesa. Ao abrir cada uma das malas, é apresentado um vídeo num ecrã alojado dentro destas, que relata a história de vida de Chica da Silva. Já no caso da atração “Gemas”, o visitante é convidado a lapidar pedras preciosas projetadas numa superfície flexível, que se revelam, inicialmente, no seu estado bruto, acompanhadas por um texto explicativo. À medida que a zona com a projeção é empurrada, uma joia polida vai sendo apresentada. De acordo com Alexandre Livino, estão dispostos quatro lasers, dois recetores e dois emissores, cruzados, nas extremidades da área maleável, sendo o movimento exercido pelo utilizador lido por uma câmara alojada na zona de interseção da luz proveniente de cada um dos *lasers*. Sempre que a intensidade da força aplicada é menor, a pedra preciosa vai regressando gradualmente à sua forma bruta.

Dados mais alguns passos pelo espaço do Museu entra-se numa divisão onde se encontram outras duas atrações, com carácter comunicacional e não interativo: “Manganês” e “Zinco”. No primeiro caso, os indivíduos são convidados a espreitar para uma caverna, na qual é dado a conhecer o processo de formação geológica do planeta Terra, através de cinco projeções que ocorrem em simultâneo, no interior da mesma. Segundo Alexandre Livino, as animações que passam na atração estão alojadas em computadores na sala de controlo, onde são codificados, e posteriormente descodificados nos cinco conversores alojados na instalação; a projeção dos vídeos ocorre através de cinco míni-projetores de LED. Por sua vez, na atração “Zinco” o processo de transmissão de vídeo é análogo, ao passo que um projetor localizado no teto permite assistir a uma animação guiada por um personagem – Zinc – que explica os aspetos históricos, características, entre outros, referentes ao elemento químico zinco. Esta descoberta é realizada através de uma viagem virtual à Mina do Morro Agudo, localizada no estado de Minas Gerais, no Brasil.

A instalação denominada “Ouro” – incluída na imagem mais à direita da Figura 16 – tem reservada para si uma divisão do MM Gerda, sendo os visitantes convidados a entrar para uma área que se assemelha a um elevador, onde poderão “viajar” até à Mina do Morro Velho, guiados por Dom Pedro II e Dona Teresa Cristina. Após o fechar da porta, e acionado um botão, quatro projetores dispostos lateralmente estão destinados à apresentação da animação.

Ainda no primeiro andar do edifício, a área mais ampla inclui outras cinco atrações, para além do inventário mineral, local onde o acervo se encontra exposto. Em relação à “Nióbio”, a explicação de como este elemento químico pode melhorar as propriedades dos materiais aos quais é associado, ocorre em três ecrãs, dispostos numa mesa. Tomando em consideração os esclarecimentos de Alexandre Livino, este sistema destina-se apenas à comunicação de conteúdos

educativos através da apresentação de vídeos, estando estes armazenados num computador, na sala de controlo. Do lado oposto da sala, a instalação “Calcário” requer que o visitante elimine a cal depositado sobre o ecrã – recorrendo-se a um sensor de movimento de infravermelhos para detetar os gestos – para que a animação seja iniciada. Em tom explicativo, a figura do bandeirante Fernão Dias vai surgindo no ecrã, dando a conhecer a exploração efetuada no interior do Brasil, aspetos acerca da descoberta do calcário em Minas Gerais e quais as suas aplicações. Em seguida, é possível interagir com a atração “Ferro” movimentando para a esquerda e para a direita uma estrutura semelhante a um vagão de um comboio – que inclui um ecrã – disposto sobre um trilho. De cada vez que o visitante faz deslocar a carruagem ao longo dos carris, uma câmara deteta a posição de dois emissores de luz na gama dos infravermelhos, posicionados nas extremidades da estrutura móvel, levando à exibição de uma nova animação acerca da história do ferro e da siderurgia do Brasil, narrada pelo barão de Eschwege. Ao centro desta mesma divisão do MMM, encontra-se suspensa a instalação “Alumínio”, em forma de anel alinhado na horizontal, na qual é possível assistir a um vídeo que apresenta as quatro fases do ciclo de vida do alumínio: mineração, coleta, transformação e reciclagem. O visitante deve posicionar-se no interior da mesma, de forma a assistir aos conteúdos que se encontram divididos em seis ecrãs, agrupados três a três. Por fim, a atração “Grafita” funciona como um jogo – jogo do milhão – no qual vão sendo colocadas questões relativas ao uso e às propriedades científicas da grafite. A resposta considerada correta deve ser escrita no ecrã multitoque, recorrendo à figura física de um lápis, sendo apresentada uma animação explicativa, após a avaliação da resposta dada. O objetivo do jogo não passa por avaliar os conhecimentos dos elementos do público – uma vez que a solução correta é apresentada automaticamente, no momento em que se pretende responder à pergunta – mas sim por comunicar informações relativas à grafite.

O local onde todo o acervo material do MM Gerdau está exposto localiza-se num corredor, também no primeiro andar do edifício, sendo denominado de “Inventário Mineral Professor Djalma Guimarães”. Os minerais e rochas apresentam-se agrupados, estando, na sua maioria, salvaguardados por um vidro. Não obstante, os visitantes têm a possibilidade de tocar em algumas rochas selecionadas, de maiores dimensões, entre as quais se encontra um meteorito. Enquanto parte do acervo pode ser observado sem nenhuma interação, existem portas, que, ao serem abertas, revelam explicações mais detalhadas acerca da família dos minerais em exposição, recorrendo quer a vídeos – que se desenrolam em ecrãs alojados no fundo dos compartimentos – quer a áudio, proveniente das colunas fixadas nas portas.

No segundo andar do Museu, dois corredores destinam-se à apresentação de vídeos acerca da utilização dos metais no quotidiano do ser humano. Este espaço é denominado “Janelas para o Mundo” – imagem mais à esquerda da Figura 17 – apresentando nos doze ecrãs dispostos nas paredes, imagens e textos explicativos sobre cada temática, havendo a divisão entre o que acontece atualmente – presente – e o que se prevê que venha a ser o futuro. No primeiro caso, o visitante pode tomar conhecimento com as seguintes áreas: cidades, alimentação, guerra, arte, telecomunicação, transporte e medicina. Já no corredor paralelo, onde as temáticas remetem para o que se pensa que acontecerá, os conteúdos visionados referem-se a: nanotecnologia, novos materiais metálicos, novos materiais cerâmicos, robótica e semicondutores. Refere-se que,

em ambos os casos, não está previsto nenhum mecanismo de interação, sendo as informações apresentadas resultantes dos vídeos, em *loop*, que chegam da sala de controlo.



Figura 17 – Atrações no segundo andar do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal. Fotografias: MM Gerdau.

Analogamente, a atração “Água”, localizada no corredor que comunica com o espaço anteriormente mencionado, pretende alertar o visitante para a importância da molécula mais abundante na superfície terrestre, através da projeção de um vídeo sobre um objeto semelhante a um poço, simulando uma certa profundidade.

Localizada numa outra sala do segundo andar do MMM encontra-se a instalação “Tabela Periódica”, que conta com diversos cilindros móveis – sustentados por estruturas ligadas ao teto, tal como é possível observar na segunda imagem da Figura 17 – a partir dos quais são projetados os elementos químicos, no chão. Os elementos do público podem caminhar por entre os diversos elementos, ao passo que uma animação de Dmitri Mendeleev, audível em todo o espaço, e passível de ser visionada num ecrã, se encarrega de narrar as descobertas do químico russo.

Dados mais alguns passos, entra-se numa divisão onde as três atrações presentes recorrem à interatividade como auxiliar para a comunicação dos conteúdos. A “Mesa de Átomos” – na terceira imagem da Figura 17 – é composta por uma superfície de vidro, opaca, que se assemelha a uma mesa, onde é projetada a tabela periódica. Nesta superfície multitáctil, os utilizadores têm à sua disposição os diversos átomos, podendo fazer combinações dos mesmos, de forma a criar moléculas. De acordo com Alexandre Livino, sob esta área encontra-se uma câmara que monitoriza os dedos dos utilizadores, sendo que as informações geradas surgem num ecrã disposto horizontalmente, de frente para as pessoas. Assim, sempre que um átomo é arrastado, são apresentados nesse mesmo ecrã imagens e textos informativos, o que acontece também para os casos em que se formaram moléculas. A estrutura da instalação “Vil Metal” é idêntica, mas diferencia-se da anterior dado que a área correspondente à mesa é constituída por um ecrã multitoque. Trata-se de um jogo em que são concedidos, inicialmente, cem gramas de ouro ao visitante, que deve descobrir a variação do valor dos produtos (dos quais formam exemplo o milho, as batatas, o café, o açúcar e o algodão) ao longo dos anos. O objetivo passa por conseguir multiplicar ao máximo a quantidade inicial de ouro, ao longo de cinco viagens no tempo, durante as quais podem ser adquiridos e vendidos os diversos bens. No ecrã disposto de frente para o utilizador vão sendo apresentados, na forma de texto e imagens, acontecimentos históricos que influenciaram o custo dos produtos. A terceira atração denomina-se “Vale o quanto pesa”, observável na imagem mais à direita da Figura 17. Nesta, os elementos do público são convidados a subir para uma balança, que, de acordo com o valor lido, apresenta uma estimativa da



quantidade de cada metal presente no organismo do indivíduo. Para além do aparelho de leitura digital, o sistema é composto por uma câmara que filma o utilizador e por uma área de projeção, onde a imagem em tempo real é apresentada em conjunto com o cálculo das quantidades de minerais presentes nos ossos, sangue, pele, entre outros.

Por fim, a atração “Espelho Mágico”, também designada por “Os Adornos pelo Mundo” localiza-se numa sala ao lado, e permite que utilizador selecione alguns dos continentes, num mapa virtual, apresentando, de acordo com aquele que for escolhido, joias de Portugal e Espanha, do Oriente, do Brasil e de África. Cabe ainda ao visitante eleger o adorno que gostaria de usar, e, ao posicionar-se num local específico da instalação, o objeto desloca-se para a cabeça ou pescoço da imagem refletida do indivíduo. De acordo com Alexandre Livino, a interação com o sistema é possível devido a dois projetores – um para a apresentação do mapa, e outro, para fazer surgir as joias – havendo duas câmaras alojadas por detrás da tela onde os conteúdos são visionados, uma para captar a posição dos dedos e a outra, para monitorizar constantemente a posição do utilizador.

### **3.1.3. PREPARAÇÃO E AMPLIAÇÃO DA VISITA AO MUSEU**

Entre as visitas ao MM Gerda – Museu das Minas e do Metal, é feita a distinção de acordo com a marcação prévia com o setor Educativo ou não. O primeiro caso diz respeito a turmas, grupos empresariais e outras visitas agendadas. No dia 8 de maio de 2014, Sandro Monteiro e monitores pertencentes à equipa do programa Educativo do Museu deram a conhecer em pormenor o modo como são preparadas as visitas para o público proveniente de escolas e de organizações específicas, tendo, para tal, o investigador acompanhado uma turma durante o percurso realizado pelo Museu. De acordo com Sandro Monteiro, o processo que se desenvolve a partir do momento em que a equipa do Educativo é contactada pelos professores, até à visita efetiva ao Museu, envolve diversas fases. Na primeira, o educador deve comparecer a um encontro realizado no MMM, com o intuito de garantir que este conhece o ambiente antes dos seus alunos, para, após isso, poder ser estabelecido um diálogo no sentido de acordar os temas e atrações de interesse para a turma, consoantes os conteúdos que se pretendem aprofundar. Caso seja impossível aos professores estarem presentes, a equipa desloca-se diretamente à escola para traçar este plano. Para além disso, o foco das visitas recai também sobre a idade média do público, pretendendo conseguir uma linguagem personalizada, de acordo com as necessidades, para transmitir a mensagem final. Segue-se a fase da deslocação dos alunos ao Museu, durante a qual é colocado em prática o plano de conhecimento previamente acordado, e, após isso, é efetuado todo um trabalho de registo de opiniões acerca de aspetos inerentes à visita. Não obstante, o Museu tenta estreitar a relação entre os elementos que conheceram a instituição, de acordo com o que motivou a visita, antevendo um programa pós-museu. Com base neste, os indivíduos do público são convidados a realizar um projeto, fora do espaço museológico, que relacione o que aprenderam no interior do mesmo com as temáticas didáticas que foram abordadas durante esse tempo, podendo convergir em textos, exposições de arte, vídeos, fotografias, entre outros.

Não obstante, o MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal concede aos elementos do público espontâneo a possibilidade de programar previamente a visita ao espaço museológico, e, após a mesma, continuar a manter contacto com a instituição. Neste sentido, o Museu disponibiliza gratuitamente um guia multimédia – Media Guide MMM – e, para além de estar presente nas redes sociais Facebook<sup>37</sup> e Twitter<sup>38</sup>, e de possuir um canal no YouTube<sup>39</sup>, comporta uma rede social própria – Rede MMM<sup>40</sup>.

### 3.1.3.1. MEDIA GUIDE MMM

A aplicação móvel “Media Guide MMM”, desenvolvida pela empresa Gaz Games<sup>41</sup> e disponibilizada para dispositivos com sistemas operativos Android e iOS, pode ser descarregada gratuitamente a partir das lojas *online* correspondentes<sup>42</sup>, estando preparada para correr em três idiomas distintos: Português, Inglês e Espanhol.

Ao aceder à aplicação, o utilizador poderá obter em “Informações” detalhes acerca dos horários de funcionamento, contactos, localização, café e loja do MMM, entre outros, e navegar pelas quatro categorias que se apresentam no menu inicial: Mapa, Visita Virtual, Roteiros e Desafio. Enquanto as duas áreas “Mapa” e “Visita Virtual” visam dar a conhecer o Museu das Minas e do Metal, dentro ou fora de casa, e permitir planejar a visita ao espaço expositivo – de acordo com os diversos assuntos de interesse e o tempo disponível de ser dedicado à exploração e permanência no local – as opções “Roteiros” e “Desafios” são orientadoras de visitas participativas, requerendo que os indivíduos se desloquem ao edifício para poderem interagir em tempo real com as funcionalidades previstas por ambas.

Aberta a aplicação “Media Guide MMM”, ao aceder a “Mapa”, é possível navegar quer pelo rés-do-chão do Museu, denominado de Nível Liberdade, quer pelos dois andares que o constituem. Para cada um dos pisos, uma planta orientadora apresenta pontos de interesse para o visitante, para além de assinalar, através de números, a localização das várias atrações existentes no MMM. Ao fazer passar o dedo sobre cada um destes marcadores, é apresentado um breve resumo acerca dos conteúdos abordados na instalação ou área respetiva, e uma imagem ilustrativa.

Todavia, o utilizador pode optar por efetuar um passeio virtual pelo Prédio Rosa da Praça da Liberdade, e, durante o mesmo, ir tomando contacto com as diversas atrações; para tal, deve aceder a “Visita Virtual” no menu da aplicação. Ao longo da visita, as instalações vão surgindo assinaladas com balões rotativos, a negro, os quais guardam informações detalhadas sobre cada

---

<sup>37</sup> <https://www.facebook.com/museudasminasedometal>

<sup>38</sup> <https://twitter.com/mmgerdau>

<sup>39</sup> <https://www.youtube.com/user/MuseuMinasMetal>

<sup>40</sup> <http://www.mmm.org.br/index.php?p=3>

<sup>41</sup> <http://www.gazgames.com.br/>

<sup>42</sup> Para dispositivos Android, a ligação para a loja Google Play é <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.GazGames.MMMMediaGuide> e, para o caso do sistema operativo iOS, a aplicação pode ser encontrada no iTunes no endereço <https://itunes.apple.com/br/app/media-guide-mmm/id773506223?mt=8>.

uma. Caso o utilizador pretenda aprofundar os conhecimentos sobre os temas em questão, poderá seleccionar “Saiba+” e serão apresentados em texto os conteúdos completos, que no espaço museológico real se revelam na forma de som, na língua de português do Brasil. Quando utilizada no próprio Museu das Minas e do Metal, esta funcionalidade possibilita, por um lado, que os visitantes com deficiência auditiva tenham acesso aos conteúdos sonoros, através do texto, e, por outro, garante que elementos do público, chegados do estrangeiro – que compreendam a língua inglesa e espanhola – possam interagir com as instalações e apreender os temas abordados.

Adicionalmente, ao seleccionar a opção “Roteiros”, a visita ao MM Gerdau pode ser orientada de acordo com os quatro apresentados: Mama África, Viajeiros, Horizontes Secretos e Miragens. Estes roteiros educativos visam produzir diversas leituras, através do pré-estabelecimento da sequência de atrações que devem ser visitadas. Atuam como um guia virtual, que conduz os indivíduos pelo Museu, de acordo com o tema que se deseja aprofundar. Cada um dos roteiros subdivide-se em três outros, tomando em consideração o tempo que os visitantes dispõem para a permanência no edifício. À medida que a visita vai decorrendo, quer virtualmente, quer no espaço real, vão sendo apresentadas animações que revelam como chegar às atrações recomendadas; esta funcionalidade permite que, a partir de casa, possa ser traçado um plano de visita, e, no próprio espaço museológico, auxilia na descoberta do percurso a realizar para chegar aos pontos pretendidos. Quando se selecciona o roteiro “Mama África”, são apresentados os seguintes percursos: “Origem do Universo” (30 minutos), “Riquezas Naturais” (75 minutos) e “Humanidades” (100 minutos). O objetivo destes roteiros é o de criar um ponto de contacto entre o Brasil e a África, focando-se os temas na origem e formação do planeta Terra, dos metais e da humanidade. Para o caso do roteiro “Viajeiros”, pode-se optar por “Paisagens em Construção” (35 minutos), “Visões do Brasil” (70 minutos) e “Diários de Viagem” (90 minutos). A finalidade destes é o de proporcionar ao visitante um olhar acerca da influência estrangeira na construção do Brasil, como um todo, e do Estado de Minas Gerais, em particular, sobretudo em termos de paisagem urbana e áreas públicas. Em “Horizontes Secretos”, pretende-se alertar para a produção de conhecimento científico na demanda por novas informações e detalhes acerca do invisível a olho nu, tanto a nível microscópico, quanto num universo macroscópico. Assim, focam-se as áreas do desenvolvimento tecnológico, da química, da arte e da ciência em geral, ao longo dos sub-roteiros: “Arte e Tecnologia” (50 minutos), “Mundo da Química” (60 minutos) e “Cientistas e empreendedores” (85 minutos). Por fim, o percurso “Miragens” aborda a capacidade dos seres humanos em pensar ideias, projetar múltiplas reflexões novas, e trazê-las à realidade. Foca-se na ideia de mudança de mentalidade e crença de se construir novos contributos para o mundo. Os temas abordados ao longo deste roteiro são: “Miragens Contemporâneas” (30 minutos), “Miragens Modernas” (40 minutos) e “Miragens de Minas” (50 minutos).

Em último lugar, na área “Desafio”, os elementos do público são convidados a explorar o MMM, com o intuito de descobrir os diversos marcadores espalhados pelos três andares do edifício, dispostos em locais específicos. Ao entrar nesta opção, a câmara do dispositivo móvel é ativada, e, quando apontada na direção dos símbolos de realidade aumentada, estes são substituídos por objetos dimensionais – imagens e texto – ou tridimensionais, que dão a conhecer detalhes e

informações quanto à arquitetura, fachadas e processos envolvidos na restauração do edifício do Museu das Minas e do Metal.

#### **3.1.3.2. REDE MMM**

A “Rede MMM”<sup>43</sup> é a rede social e educativa criada pelo Museu das Minas e do Metal, com o intuito de arrecadar e relacionar múltiplos conteúdos de áreas científicas próximas dos temas explorados no espaço museológico, das quais constituem exemplo, entre outras, a geologia, a mineralogia, a metalurgia e a química. A produção dos assuntos que fazem parte desta rede é assegurada pela parceria existente entre escolas, vários grupos e organizações articulados, pelo próprio núcleo educativo do Museu e por outros colaboradores associados. Os diversos materiais gerados encontram-se reunidos na secção “Midioteca”, na forma de texto, imagem, áudio, vídeo e hiperligações, dispostos por ordem de produção temporal, sendo que os conteúdos mais recentes ganham destaque em relação aos previamente inseridos.

Para além da agregação e partilha de conteúdos, os membros da rede podem optar em “Roteiros” por interagir e assistir a elementos de aprendizagem, como forma de complementar a visita ao Museu. Estes encontram-se divididos em percursos de interesse distintos, três dos quais podem ser vivenciados no espaço físico do Museu das Minas e do Metal, recorrendo ao “Media Guide MMM”: Mama África, Viajeiros e Horizontes Secretos. Em qualquer fase da exploração – apresentadas por animações lúdicas – é estabelecida a relação entre o que está a ser observado e os assuntos que se encontram expostos no Museu (e onde os encontrar), bem como quais as disciplinas dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Brasil, abordadas nas escolas brasileiras, que se interligam com os assuntos em questão.

#### **3.1.4. PROGRAMAS E VISITAS MULTISSENSORIAIS**

Aquando da abordagem do “Inventário Mineral Professor Djalma Guimarães” havia-se constatado que no MM Gerdau os visitantes têm a possibilidade de tocar em alguns elementos do acervo de maiores dimensões. Não obstante, são oferecidos outros programas de interação multissensorial para o caso de visitas previamente agendadas ou para grupos de férias, os quais procuram explorar os vários sentidos humanos, como forma de conhecer e distinguir diversos minerais. Laura da Cunha – auxiliar do programa Educativo – apresentou no dia 8 de maio de 2014 dois *kits* concebidos para proporcionar esse conhecimento: “Ciclo das Rochas” e “Kit de Minerais”.

Em relação ao primeiro foram agrupados nove exemplares rochosos que vão sendo passados entre os visitantes no momento em que estão a ser dadas as explicações sobre os mesmos: processos e tempo envolvido na formação, características particulares de cada um, assim como a aplicação prática que assumem no quotidiano. Repare-se que com este *kit* o sentido humano que está contemplado é o tacto, para além da visão. Não obstante, o “Kit de Minerais” foi organizado

---

<sup>43</sup> <http://www.mmm.org.br/index.php?p=3>

com o intuito de explorar todos os outros sentidos, incluindo a visão e o tacto: olfato, paladar e audição. Também neste caso, todos os minerais podem ser manuseados, desde que seguidas regras de segurança comunicadas previamente aos visitantes. A nível visual, é feita a exploração de cores entre os minerais do mesmo tipo e explicado o porquê daquelas variações, dada a perceber a aplicação dos pigmentos rochosos no dia-a-dia, demonstrados os efeitos óticos causados pelo atravessar da luz pelo corpo das amostras e a fluorescência que alguns apresentam. Como forma de exploração do tacto, várias rochas com tamanhos semelhantes, mas com densidades muito diferentes, são dispostas, ao passo que os visitantes são convidados a manuseá-las; é também apurada a clivagem conseguida em cada uma e o fenómeno de magnetismo em minerais com a mesma composição, mas com concentrações de elementos químicos diferentes. Relativamente ao paladar, os indivíduos podem ficar a conhecer os diferentes sabores e a forma de aderência de alguns minerais em contacto com a língua. Por outro lado, para a exploração dos odores foram incluídos minerais que apresentam cheiros bem definidos, ao passo que a audição é explorada através da reação de um ácido com diferentes minerais.

Para além do que foi referido anteriormente, Laura da Cunha informou que entre estes programas educativos, também é cultivado o lado artístico dos visitantes, aliando sempre as componentes da mineralogia e da ciência: os elementos do público são convidados a pintar com pigmentos minerais e a produzir o seu próprio cristal.

### **3.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

A problemática principal do presente projeto de dissertação foi o de permitir que os visitantes do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal tivessem oportunidade de manusear objetos pertencentes à coleção do Museu, e, de acordo com a interação, que fossem fornecidas informações digitais sobre os mesmos.

De forma a definir o problema, no dia 11 de fevereiro de 2014 decorreu uma reunião com Márcia Guimarães, responsável pela curadoria de geociências do Museu, tendo-se realizado uma entrevista semiestruturada, disponibilizada para consulta no Anexo A. Ao longo da mesma, foram levantadas diversas questões, no sentido de começar a delimitar a dimensão do estudo.

Entre as principais conclusões, aponta-se que:

- a. Foi decidido que seriam disponibilizadas quatro amostras geológicas procedentes de localidades do Brasil e com cores distintas;
- b. A elaboração dos conteúdos textuais referentes a cada uma delas ficou a cargo de Márcia Guimarães e as informações seriam disponibilizadas aos utilizadores na forma de textos e imagens;
- c. O Museu disponibilizou-se para fornecer um projetor para ser utilizado no projeto;

- d. Todas as peças de mobiliário do MMM estavam em utilização, pelo que se teria que conseguir viabilizar uma solução.

Dado que o desejo inicial era o de tentar tornar o protótipo acessível também a visitantes invisuais, a problemática do projeto passou a ser: projetar, construir e avaliar um protótipo funcional baseado em interfaces tangíveis que permitisse aos visitantes – portadores ou não de deficiência visual – manusear peças do acervo do Museu, ao mesmo tempo que tomavam contacto com conteúdos informativos relativos às mesmas.

### 3.3. FASES DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Após a definição do problema, foi traçado um caminho no sentido de dar início ao desenvolvimento do estudo. Na Figura 18 apresenta-se um esquema simplificado das fases envolvidas ao longo da investigação, onde se apontam as sessões de trabalho individual – com marcadores a verde – e em colaboração – com marcadores a azul – bem como aquelas em que houve necessidade de realizar reuniões para prosseguir com o trabalho – marcador laranja.

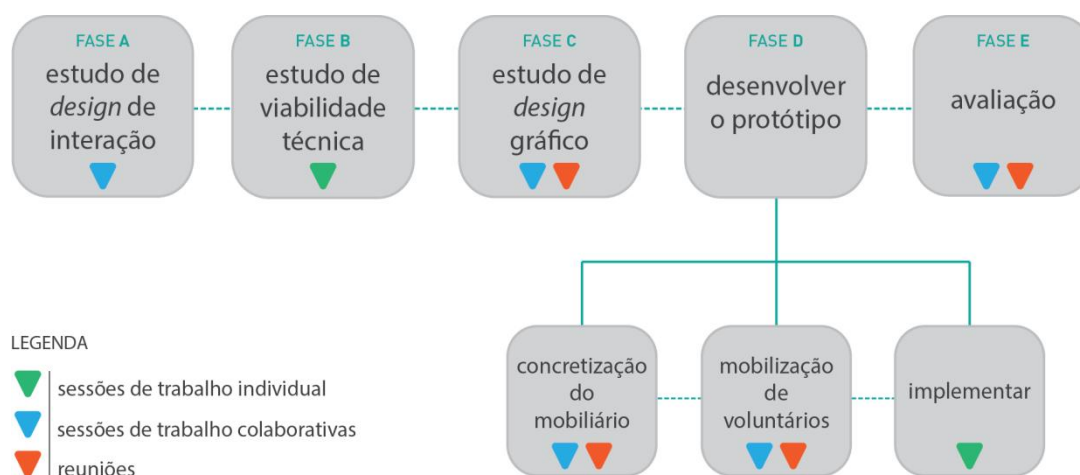


Figura 18 – Fases de desenvolvimento do estudo.

Na Fase A realizou-se o estudo de *design* de interação, através de sessões de trabalho colaborativas, do qual resultou o modelo a implementar no protótipo, e na Fase B, efetuou-se todo o estudo de viabilidade técnica, em sessões de trabalho individual, de forma a concretizar o mesmo. A Fase C diz respeito ao estudo de *design* gráfico e aos momentos envolvidos na conceção dos ecrãs a apresentar, entre os quais, realizaram-se sessões de trabalho colaborativas e reuniões para aprovação. Por sua vez, seguiu-se a fase de desenvolvimento do protótipo – Fase D – na qual se assinalam três instantes distintos: concretização do móvel do expositor, mobilização de voluntários para a realização das locuções e a implementação do protótipo. A elaboração do mobiliário foi possível devido a reuniões e sessões de trabalho colaborativas com diversos participantes. O mesmo se verificou aquando da seleção de locutores voluntários.

Todavia, para a implementação do protótipo, as sessões de trabalho que decorreram foram a título individual. A última fase – E – corresponde à avaliação do projeto, durante a qual decorreram várias reuniões para definir os contornos que esta tomaria, tendo-se contado com a colaboração de diversos elementos para a sua realização.

A partir desta secção, explorar-se-á detalhadamente cada uma destas fases.

### **3.4. ESTUDO DE *DESIGN* DE INTERAÇÃO**

Ao longo desta secção serão abordados, inicialmente, alguns dos fundamentos teóricos inerentes ao processo envolvido na construção de sistemas interativos, apresentando-se em seguida, em detalhe, o modelo de interação proposto para o presente trabalho e a análise de soluções técnicas para a sua implementação.

#### **3.4.1. CONCETUALIZAÇÃO DE *DESIGN* DE INTERAÇÃO**

Goodman, Stolterman e Wakkary (2011) definem *design* de interação como a disciplina que tem como propósito especificar o conjunto de condutas digitais que sucedem como resposta aos estímulos provenientes quer de aparelhos diversos, quer resultantes da ação humana. Nesta sequência, Preece et al. (2002) sintetizam que o intuito primário do *design* de interação é o de desenvolver produtos interativos utilizáveis, isto é, que sejam capazes de proporcionar experiências de utilização ricas e agradáveis, ao mesmo tempo que se revelam simples e efetivos no modo de os utilizar. O *design* de interação visa, portanto, gerar contextos que ampliem e melhorem a concretização de diversas atividades.

Posto isto, alguns detalhes iniciais devem ser tomados em consideração de cada vez que se pretende arquitetar um produto interativo, entre eles, perceber quem são as pessoas que irão fazer uso do dispositivo, em que contexto e quais as atividades a desenvolver aquando do contacto com este (comunicar, planear, desenhar, etc.). De forma a otimizar o processo de interação entre os utilizadores e o sistema, e a garantir uma sustentabilidade efetiva, cinco aspetos são realçados: pensar no que poderá engrandecer a qualidade da experiência de utilização, perceber em que é que as pessoas são boas e más, ouvir o que os destinatários pretendem e envolvê-los no processo de *design* da interface, utilizar técnicas pré-estabelecidas baseadas em testes efetuados com utilizadores, e ainda, pensar no conjunto de coisas que poderão auxiliar o indivíduo a realizar as tarefas pretendidas (Preece et al., 2002). Por conseguinte, devido à especificidade de cada contexto passível de ser trabalhado, compreende-se a necessidade e vantagens do estabelecimento de parcerias com outras áreas de conhecimento; por exemplo, para a compreensão da forma como agimos e reagimos perante uma situação ou tarefa em particular, disciplinas como a psicologia ou a sociologia podem fornecer respostas

concisas. Por outro lado, profissionais ligados à arte e à estética poderão orientar questões ligadas ao aspeto visual do produto (Preece et al., 2002; Rocha & Baranauskas, 2003).

Relativamente ao processo em que o *design* de interação se vê envolvido, aponta-se a não linearidade de etapas a seguir ao longo do tempo, ou seja, as quatro atividades básicas que se apresentam em seguida, podem ter que ser repetidas várias vezes, até chegar ao produto final: identificação das necessidades e estabelecimento de requisitos, desenvolvimento de hipóteses alternativas para cada um deles, construção de versões interativas – de forma a facilitar a comunicação – e avaliar o que vem sendo construído ao longo do percurso. Os autores apontam a importância da avaliação durante todo o processo, por permitir identificar erros, fazer melhorias, perceber factos até então desconhecidos e travar conhecimento com novas aspirações dos indivíduos em relação ao projeto a ser desenvolvido. Contudo, esta fase de testes é apontada como uma grande consumidora de tempo e recursos, podendo ser realizada através da observação dos utilizadores, aplicação de entrevistas e questionários, conversas formais ou mais informais, entre outros (Goodman et al., 2011; Preece et al., 2002).

### **3.4.2. PRINCÍPIOS DE USABILIDADE E EXPERIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO**

De acordo com Preece et al. (2002), os princípios de usabilidade são aplicados com a finalidade de avaliar os produtos desenvolvidos e perceber se cumprem as ações a que se propõem, bem como conhecer as sensações e impressões suscitadas nos utilizadores, ao interagirem com os mesmos. Os autores identificam seis objetivos que devem ser conseguidos, como garantia de um resultado final apetecível: eficácia, utilidade, eficiência, segurança, capacidade de aprendizagem e facilidade em ser lembrado. A eficácia (*effectiveness*) pretende analisar se o sistema permite realizar o desejado, tal como seria de esperar, e de forma satisfatória, ao passo que a utilidade (*utility*) se refere às condições oferecidas aos indivíduos para levar a cabo os seus objetivos ao utilizarem o sistema, que devem ser intuitivas e proveitosas para esse efeito. Por sua vez, a eficiência (*efficiency*) diz respeito ao modo como o apoio é prestado aos utilizadores, como garantia de que as tarefas são executadas com sucesso. A segurança (*safety*) implica que sejam acautelados os diversos cenários de má utilização do produto, entre os quais serve de exemplo a eliminação permanente de informações, involuntariamente, sem a possibilidade de voltar atrás. Os autores definem ainda a *learnability* – capacidade de aprendizagem – como a facilidade de perceber de que forma é que o produto funciona; quanto mais intuitivo, melhor, pois aponta-se que algumas pessoas tendem a aborrecer-se e a desmotivar-se se despenderem demasiado tempo a tentar compreender como se realiza uma tarefa. Por fim, a facilidade de voltar a utilizar um produto, mesmo que tenha passado bastante tempo entretanto, é denominada de *memorability*. A importância desta característica toma maior dimensão sobretudo para os casos em que certos sistemas são usados esporadicamente – se tiverem decorrido vários meses desde a última interação e o indivíduo se recordar rapidamente de como deve proceder para a sua operacionalização, então diz-se que o produto respeita este critério de usabilidade.

Como visto até agora, os princípios de usabilidade são aplicados com o intuito de melhorar o produto final, atuando como condições indispensáveis para se garantir que a *performance*



executada pelo utilizador cumpre, pelo menos, os critérios básicos, que conduzam à satisfação das suas necessidades. Pelo contrário, a experiência de utilização preocupa-se com o conjunto de sensações suscitadas no indivíduo, aquando do contacto e interação com esse mesmo sistema; pretende determinar de que forma é que o projeto concebido é visto na perspetiva de quem o utiliza. Deste modo, os aspetos subjacentes à experiência de utilização são apontados como meios que visam aprimorar as circunstâncias hedónicas dos estímulos proporcionados ao utilizador, podendo atuar em diversos campos, mais ou menos subjetivos, para o conseguir: atenção, entretenimento, estilo da narrativa, controlo consciente ou não, interatividade, entre outros. Assim, pretende-se a conceção de sistemas que constituam suporte às atividades e práticas desenvolvidas pelas pessoas, ao mesmo tempo que sejam, simultaneamente, agradáveis, satisfatórios, divertidos, úteis, motivadores, bem-sucedidos do ponto de vista estético e favoráveis à criatividade. De referir, contudo, que nem todos os princípios de usabilidade e de experiência de utilização podem ser conseguidos num mesmo produto interativo a desenvolver; de acordo com os autores, a concomitância de alguns deles é incompatível (Preece et al., 2002).

O resultado obtido pela experiência de utilização está intimamente ligado aos princípios aplicados aquando do *design* da interface, que pretendem também contribuir para uma boa usabilidade. Estes, atuam como orientadores ao longo dos processos de projeção e conceção, sendo apontados como provenientes tanto do senso comum, quanto do conhecimento e experiência adquiridos até então (Preece et al., 2002). Entre os variados pressupostos de *design*, referem-se seis: visibilidade, *feedback*, *constraints*, mapeamento, consistência e *affordances*.

- A visibilidade (*visibility*) permite associar que uma ação determinada deve ser desencadeada para a execução de uma operação específica, e não de outra; de forma a elevar as probabilidades de sucesso e a facilidade do uso, torna-se fundamental garantir que todas as funcionalidades possíveis são visíveis pelos utilizadores.
- O *feedback* está diretamente relacionado com a visibilidade, na medida em que permite mostrar informações e efeitos acerca da ação que foi executada e se esta se desencadeou ou não corretamente. Em *design* de interação, o *feedback* pode ser proporcionado através da apresentação isolada de imagens, luzes, sons, vibrações e outros elementos sensoriais, ou combinando vários destes. Caso não seja fornecido *feedback* ao utilizador, pode ocorrer que este leve mais tempo a perceber que a tarefa foi concluída com sucesso, repetindo desnecessariamente o mesmo comando, antes de ter essa certeza – por exemplo, voltar a pressionar o botão, mas com mais força.
- Em relação aos *constraints*, viu-se no Capítulo II a sua associação com as interfaces tangíveis, aquando da apresentação da terminologia que lhes concerne. Estes delimitadores visam demarcar o que pode e como pode ser feito, forçando, por vezes, funções. Podendo assumir formas físicas, obrigam a que determinados acontecimentos só sejam possíveis se corretamente desencadeados, restringindo, desta forma, a ocorrência de ações não desejadas. Como exemplo, refere-se que uma peça quadrada não pode ser colocada numa cavidade triangular, independentemente da orientação, assumindo que as proporções de ambas são idênticas – estes limitadores em específico são denominados de *constraints* físicos. Não obstante, são apontados por Norman (2002) outros tipos de *constraints*: semânticos (para antever o significado de uma situação, de forma a controlar o conjunto de ações

possíveis), culturais (de acordo com o que é aceite ou não pelo ambiente em que o utilizador se insere) e lógicos. Estes últimos são bastante utilizados no processo de mapeamento.

- Para fazer referência à relação entre os controlos e a manipulação possível de ser praticada, para a obtenção de resultados no mundo, utiliza-se o nome técnico de mapeamento (*mapping*). A sua importância vai de encontro àquilo que se pretende conseguir, que deve ser percebida pelos indivíduos de forma natural e imediata. Tomando como exemplo os aparelhos de reprodução de áudio, se o utilizador pretender avançar para a música seguinte, o *input* que permite cumprir a ação deve estar orientado no sentido de indicar que existe algo para lá do que está a ser ouvido, aparecendo, idealmente, posicionado após o *input* responsável pelo retroceder para a faixa anterior.
- A consistência (*consistency*) reporta-se à fidelidade apresentada pelo sistema, como um todo, na medida em que se pretende conseguir que uma identidade consistente seja mantida para o desempenho de tarefas idênticas. Para uma mesma interação com os diferentes objetos, a mesma regra deve ser aplicada, com a consequência de permitir uma aprendizagem de utilização única, extensível a todas as situações. Caso a interface apresente inconsistência, os indivíduos irão sentir uma maior dificuldade em lembrar-se das operações necessárias de despoletar, aumentando a probabilidade de acontecimento de erros.
- *Affordance* é o termo utilizado para mencionar os atributos dos objetos, que permitem que os utilizadores consigam identificar inconscientemente qual a sua função. Este conceito, previamente abordado no Capítulo II, aquando da referência à terminologia aplicada para as TUIs, é empregado para designar quer propriedades físicas, quer propriedades ligadas às funcionalidades implícitas dos elementos hápticos, que, por serem intuitivos, não necessitam de rótulos, figuras explicativas ou instruções para serem manuseados; seguem, na sua maioria, convenções. Por exemplo, uma maçaneta deve ser rodada, enquanto um botão deve ser pressionado ou orientado para cima ou para baixo, de acordo com o *output* que se pretende obter.

A aplicação dos princípios acima enunciados é apontada como imprescindível para conseguir um bom modelo conceptual acerca do produto. De cada vez que olhamos para algo, tentamos encontrar significados que nos sejam familiares, com o objetivo de conseguirmos compreender como é que o sistema deve ser utilizado – a esta previsão de ações e os seus efeitos dá-se a denominação de modelo conceptual. Entre os modelos conceptuais, distinguem-se os que são alicerçados em ações e os que se baseiam em objetos. No primeiro caso, tomam-se em consideração as atividades necessárias de serem executadas pelos utilizadores, ao longo do processo de interação: manipulação, exploração, conversação, entre outras. Em alternativa, na segunda categoria, o modelo conceptual é sustentado em artefactos, dos quais constituem exemplo os livros e os brinquedos. O foco recai na forma como cada um desses objetos é utilizado no contexto em que se inserem no mundo físico. Refere-se, contudo, que apesar da distinção de modelos conceptuais assentes em ações e em artefactos, o mais comum é a combinação de ambos numa solução híbrida (Norman, 2002; Preece et al., 2002; Rocha & Baranauskas, 2003).

### **3.4.3. O TACTO COMO PRESSUPOSTO PARA A INTERAÇÃO**

Entre os diversos sentidos humanos, o tacto é apontado como aquele que mais contribui para o fomento da percepção do mundo nos primeiros anos de vida, desenvolvendo-se durante esta fase mais do que qualquer outro. Através do mesmo, os indivíduos alcançam sensações que, aos poucos, contribuem para a configuração e estruturação da visão interior acerca do mundo físico que os rodeia, à medida que o conhecimento referente ao ambiente exterior vai progredindo. Aquando do estabelecimento de contacto físico com uma superfície ou objeto, o tacto permite, através de recetores alojados nos dedos, reconhecer dados externos, entre os quais a textura, a rugosidade, a temperatura, o peso, a densidade, a resistência e a maleabilidade (Classen, 2007; Morgan, 2012; Seeing in the dark, n.d.), funcionando como auxiliar da própria visão.

Com o objetivo de tentar identificar uma possível conexão entre o que está a ser visionado e tateado, ou manipulado, em simultâneo, Van der Groen, Van der Burg, Lunghi e Alais (2013) conduziram um estudo que permitiu verificar que a informação conjunta proporcionada pela visão e pelo tacto resulta no aumento da percepção do universo em análise. Mais especificamente, os autores concluíram que o tacto exerce influência na apreensão e entendimento daquilo que está a ser visionado, proporcionando um aumento da sensibilidade das áreas do cérebro responsáveis pela decodificação deste tipo de informações. Assim, os responsáveis pela investigação identificam a ocorrência de interações não só para o caso da audição e da visão, mas também ao nível do tacto e da visão. Com isto, compreende-se que a palpação, como meio de estabelecimento de contacto com o extrínseco, se assume como um importante revelador do ambiente e dos objetos que nele se encontram, consideração que ganha relevância quando o foco da atenção recai sobre as pessoas com algum tipo de deficiência visual. Estes indivíduos, incapacitados de utilizar a visão, observam o mundo através da audição, do olfato, do paladar e do tacto. Foi com base neste último sentido humano que o código de Braille se desenvolveu, com o intuito de comunicar informação escrita através do agrupamento de relevos representantes das letras do alfabeto, algarismos, marcadores de pontuação, notações matemáticas, notas musicais, entre outras (Seeing in the dark, n.d.). Porém, como se compreende, nem todas as formas, texturas, proporções e densidades podem ser explicadas, seja verbalmente, seja por escrito ou via ilustrações; o manuseamento e o contacto real com as coisas podem, por vezes, revelar esclarecimentos, que, de outra forma, estariam inacessíveis.

No contexto dos espaços museológicos, analisou-se, aquando da reflexão multissensorial em museus, no Capítulo II, que a possibilidade de exercer algum tipo de contacto com os artefactos em exposição não é possível na grande maioria das vezes, motivada por questões ligadas quer à degradação que essa atividade pode gravar nos objetos, quer à possibilidade de eliminar completamente o testemunho de tempos passados, por quebra ou roubo. Porém, concluiu-se que esta realidade não é generalizável para todos os museus, dado que, em alguns casos, é colocado em prática o estabelecimento de contacto físico entre os visitantes e algumas das unidades pertencentes às coleções. Tomando como exemplo o texto de Paterson (2011), a vontade de poder tatear e manipular os objetos expostos não é atenuada pela existência de um vidro de proteção nem de limitadores em torno das obras. De acordo com a autora, a oportunidade de convívio táctil com os espécimes que compõem a exposição resulta na sensação de proximidade

com o passado, que poderá nunca mais acontecer, oferecendo um complemento sensorial que a visão, por si só, não conseguiria enxergar. Regressando à situação dos indivíduos invisuais, a oportunidade de manuseamento do acervo abre um novo mundo de percepção em relação aos objetos – permite contemplar aspetos incompreensíveis pela própria visão.

Com o que acima foi dito, e devido à disponibilização de quatro amostras geológicas, pertencentes à coleção do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, que podiam ser manipuladas pelos visitantes, foi pensado um modelo de interação para o protótipo, no qual o manuseamento desses objetos fosse a chave para conseguir aceder a conteúdos informativos sobre os mesmos. Refere-se, nesta fase, que apesar dos artefactos a disponibilizar pelo Museu terem sido inicialmente apontados como sendo minerais característicos do estado de Minas Gerais, no Brasil, os responsáveis de geociências Márcia Guimarães e Leonardo Miranda procederam à seleção das quatro amostras geológicas – apresentadas no dia 11 de março de 2014 – que poderiam ser manejadas pelos visitantes no contexto de utilização do protótipo. Esta alteração em relação ao que havia sido definido previamente deveu-se à consideração de que os exemplares comportam características históricas e de aplicação prática variadas, com interesse de serem comunicadas aos elementos do público. Na Figura 19 incluem-se fotografias das quatro amostras geológicas disponibilizadas para o projeto, da esquerda para a direita: água-marinha, madeira fossilizada, muscovita e sílex.

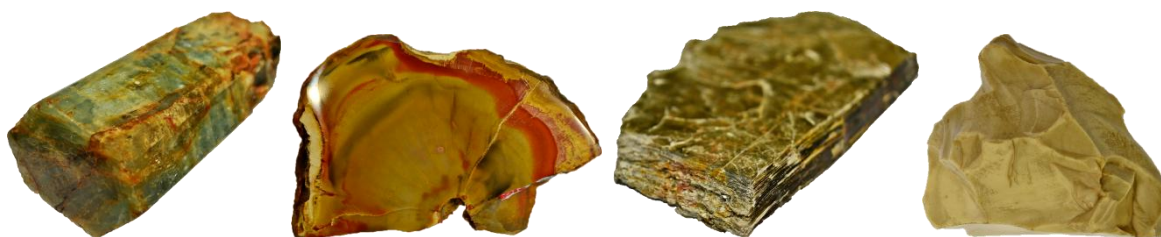


Figura 19 – Amostras geológicas disponibilizadas para o protótipo.

#### 3.4.4. MODELO DE INTERAÇÃO DO PROTÓTIPO

Para a elaboração do modelo de interação a implementar no protótipo, houve a preocupação de tentar seguir os pressupostos de *design* estudados anteriormente. Tal como referido, as ações exercidas com os elementos dispostos na interface despoletam a projeção de conteúdos virtuais. Posto isto, constatou-se que quando temos vontade ou necessidade de fazer uso de algum material, seja este um copo, um lápis, um telemóvel ou um brinquedo, a tendência espontânea é a de pegarmos nos objetos e aproximá-los de nós. Pelo contrário, ao completar a intenção que nos levou a interagir com os mesmos, ou ao perdermos o interesse na sua utilização, procedemos à devolução dos artefactos à ambiência original, pousando-os.

Com base nestas observações, e de forma a manter uma consistência do sistema, definiu-se que o ato de levantar uma amostra seria identificado como a cativação do interesse em saber mais sobre ela, enquanto o movimento de a pousar apontaria para o termo da intenção de aceder a tais conteúdos. Esperou-se com a adoção desta linguagem de interação conseguir uma boa

visibilidade e uma sensação de mapeamento instintivo, em que cada uma das ações fosse associada ao desencadeamento de uma operação característica. Neste sentido, o passo seguinte foi o da identificação da necessidade de delimitar claramente a área correspondente a cada uma das amostras – denominadas de *constraints* – com a finalidade de proporcionar aos utilizadores o reconhecimento inequívoco dos locais onde a interação com a interface conduz a resultados. Para tal, foi projetada uma película autocolante mate a dispor sobre a superfície, da qual falaremos mais adiante, na qual quatro regiões assumem dimensões e formas congêneres aos recortes apresentados pelas amostras geológicas. Adicionalmente pretendeu-se fornecer algum tipo de retroação indicadora do sucesso das ações efetuadas pelos visitantes, aquando da manipulação dos elementos hápticos do sistema. Dado que as amostras disponibilizadas pelo MM Gerda – Museu das Minas e do Metal apresentam cores distintas, concluiu-se que o fornecimento de *feedback* a nível visual poderia ser vantajoso neste caso, para mostrar os efeitos imediatos das ações realizadas. Assim, sempre que um objeto fosse levantado, surgiria uma luminosidade sob a área correspondente, com um tom de cor próximo da do elemento. Em oposição, quando o visitante pousasse a amostra, a luz apagar-se-ia, indicando o termo da manipulação do exemplar em questão. Relativamente à solução adotada para tentar responder a este último pressuposto de *design* de interação, reporta-se desde já a fragilidade da mesma na elucidação das pessoas com deficiência visual acerca do sucesso ou não das ações executadas. Porém, refere-se que, em qualquer lugar do MM Gerda, encontra-se presente pelo menos um monitor pronto a auxiliar os visitantes, não só fornecendo explicações acerca do funcionamento de uma ou mais atrações, mas também para garantir o sucesso da experiência de interação levada a cabo pelos elementos do público ao fazer uso das interfaces existentes no espaço museológico.

Com base no que anteriormente foi mencionado, está-se agora em condições de discutir o modelo de interação simplificado do protótipo, apresentado na Figura 20.

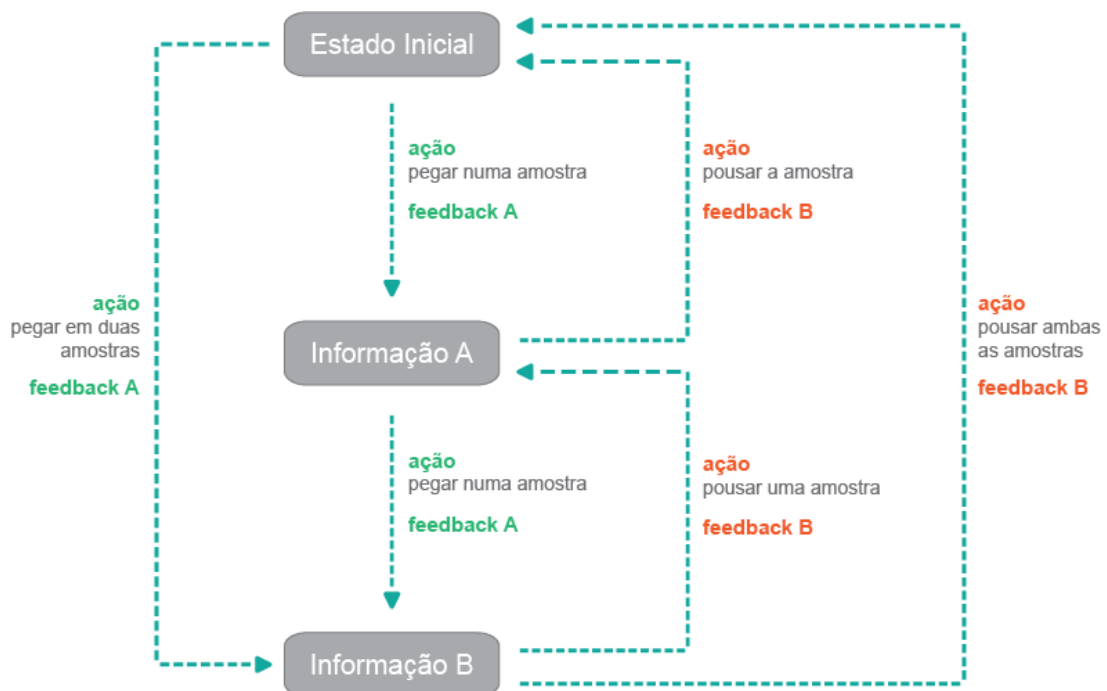


Figura 20 – Modelo de interação simplificado proposto para a implementação do protótipo.

De forma a interpretar inequivocamente o esquema do modelo de interação refere-se desde já que as ações coloridas a verde representam o movimento de pegar numa amostra, ao passo que as de coloração alaranjada indicam o ato de pousar, pelo menos, um objeto do acervo. Por sua vez, repare-se na previsão de dois eventos distintos para o fornecimento de *feedback* aos visitantes, “A” e “B”, respetivamente a verde e a laranja. O primeiro diz respeito à situação em que uma luz se acende, e o segundo, ao momento em que a mesma se apaga.

Tomando como ponto de partida o “Estado Inicial”, no qual todos os artefactos se encontram dispostos sobre a superfície do sistema e a projeção visível é indicadora disso mesmo, o utilizador pode optar por manipular uma ou duas amostras geológicas, em simultâneo:

- Situação I – o visitante pretende apenas tomar conhecimento de informações respeitantes a uma amostra.

Da ação de pegar nesse objeto é despoletada uma resposta visual na forma de luminosidade – “*feedback A*” – com tonalidade semelhante à apresentada por este, que vai aumentando de intensidade ao longo do tempo até atingir o estado pretendido, mantendo-se constante a partir daí. Enquanto o manuseamento estiver a decorrer, a “Informação A” – referente à peça em questão – aparece projetada, ouvindo-se também a locução correspondente às informações sobre esta. No momento em que o utilizador decide pousar a amostra, é proporcionado o “*feedback B*”, isto é, a luminosidade da área referente à colocação da mesma vai-se esbatendo e a narração sonora desaparece lentamente.

- Situação II – o visitante já se encontra na posse de um exemplar geológico, mas gostaria de obter informações comparativas, em relação a outro.

Nesta situação, existem apenas três objetos pousados na interface, sendo que a área correspondente ao que está a ser manipulado se encontra iluminada. Quando o elemento do público exerce a ação de pegar noutra amostra, é fornecido *feedback* do tipo “A”, aclarando-se a zona onde esta estava disposta. Nesta sequência, os conteúdos projetados referem-se à “Informação B”, de comparação, tal como a explicação que se faz ouvir.

Refere-se, nesta altura, que o número máximo de objetos que podem ser manuseados em simultâneo é de dois; esta limitação tem como fundamento a segurança necessária para interagir com os mesmos – supondo que o visitante pegasse em três ou quatro ao mesmo tempo, o risco associado à provocação de danos ou mesmo de eliminar o registo material seria elevado.

De regresso à situação em que o visitante se encontra com duas amostras nas mãos, poderá optar por efetuar uma nova comparação – Situação III – ou devolvê-las à interface – Situação IV.

- Situação III – o utilizador manuseia dois exemplares, mas quer aceder à comparação de apenas um deles com outro novo.

Neste caso, ao exercer a ação de pousar uma amostra, o *feedback* proporcionado será do tipo “B”, conduzindo ao esbatimento da luminosidade da área correspondente, e os conteúdos projetados e audíveis serão referentes à “Informação A”, dado que deixou de haver elemento de comparação – refere-se que se optou por levar sempre o visitante de regresso ao ecrã onde são visíveis as informações sobre a amostra que tem em mãos, uma vez que nesta fase não é conclusivo saber se a pessoa deseja debruçar-se sobre os aspetos ligados à mesma, ou

se pretende efetuar uma nova comparação. Ao pegar noutra artefacto, torna-se visível o “*feedback A*” na cavidade associada ao mesmo, e a projeção visível passa a ser do grupo “B”.

- Situação IV – o visitante opta por devolver à interface as duas amostras que estava a manusear.

Dado que a ação é a de pousar ambos os exemplares geológicos, a resposta é do tipo “B”, conduzindo à extinção da luz proveniente sob as áreas correspondentes. Consequentemente, todos os objetos estarão em repouso na superfície do sistema, e as luzes visíveis são de tom neutro – branco, resultado da soma de todas as cores – como forma adotada para cativar visualmente a atenção e a intenção de levar os visitantes a manusearem as amostras. De salientar, uma vez mais, que esta situação é apontada no esquema do modelo de interação como “Estado Inicial”, no qual a projeção remete para os quatro objetos e nenhuma explicação sonora é audível.

- Situação V – todas as amostras estão em repouso na interface e o visitante pretende comparar duas delas.

Neste caso, o *feedback* fornecido será do grupo “A”, iluminando-se progressivamente as duas áreas correspondentes aos objetos a serem manuseados. Como a informação pretendida de ser apresentada corresponde à comparação dos artefactos, a projeção corresponde à “Informação B”, bem como a locução audível. Nesta fase, o utilizador pode optar por três situações descritas anteriormente: encontrando-se com dois exemplares geológicos em mãos, se pretender obter detalhes referentes à comparação de apenas um deles com outro diferente, está-se perante a Situação III; caso queira tomar contacto com informações acerca de apenas uma amostra, deve pousar a outra e a situação será a I; se a finalidade for a de devolver o acervo à interface, então essa ação encontra-se explicitada na Situação IV.

Abordado o modelo de interação adotado para o protótipo, surge a necessidade de proceder ao estudo de soluções técnicas que se apresentem viáveis para a implementação do que se tem vindo a projetar até ao momento.

### **3.5. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA**

Ao longo da presente secção irão ser abordadas diferentes possibilidades de tecnologias que podem ser utilizadas na implementação do projeto, de forma a encontrar uma solução viável para a realização do modelo de interação previamente definido.

#### **3.5.1. COMPARAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO**

Tomando como ponto de partida o trabalho de Shaer e Hornecker (2009), considera-se que, para o caso das interfaces tangíveis, não existe nenhum padrão estabelecido para a determinação dos

dispositivos que devem servir de entrada ou saída de um sistema. Com base nisto, diferentes opções tecnológicas podem ser viáveis para a implementação de uma mesma solução.

Entre as possibilidades de aplicação tecnológica, as autoras destacam o recurso à visão por computador, RFID e o uso de microcontroladores, realizando uma análise comparativa com base nas seguintes propriedades individuais: sensoramento físico, custo, *performance*, alteração da estética dos objetos, robustez e fiabilidade, instalação e calibração, e escalabilidade.

A visão por computador – *computer vision* – é definida como um sistema de inteligência artificial que recorre a algoritmos para identificar marcadores fiduciais presentes, normalmente, em objetos físicos dispostos em superfícies dimensionais, com o intuito de fornecer informações relativas à orientação, presença, cor, forma, tamanho, posição, entre outras, dos diversos elementos. Para este caso, constituem requisitos básicos de funcionamento uma câmara de alta qualidade, *software* para processamento das imagens detetadas e um projetor, para apresentar conteúdos gráficos ao utilizador, em tempo real. Em relação ao custo, os marcadores fiduciais podem ser impressos em papel, enquanto o preço do projetor e da câmara são variáveis, sendo que a qualidade da imagem conseguida tende a variar de acordo com o preço dos produtos. Dependendo destas características, a *performance* do sistema apresenta variações, ainda que o *software* utilizado proporcione um bom desempenho. Em termos de escalabilidade, o número de *tags* monitorizadas em simultâneo é tipicamente elevado, estando sujeito ao dimensionamento conseguido para as etiquetas (Shaer & Hornecker, 2009).

Aquando da abordagem de meios tecnológicos utilizados para a interação em museus, no Capítulo II, referiu-se a fiducial QR Code – *Quick Response Code* – tendo sido descrito o seu princípio de funcionamento e alguns fatores condicionantes. Não obstante, reforça-se a ideia da necessidade de utilização de marcadores impressos com os códigos QR, que podem ser aplicados sobre os elementos hápticos, cuja leitura está a cargo de uma câmara. Neste sentido, identifica-se a analogia com a tecnologia de visão por computador que tem sido abordado, na medida em que a estética dos objetos é afetada pela presença das fiduciais, bem como a robustez, fiabilidade, instalação e calibração, que dependem de circunstâncias de observação das mesmas. Assim, fatores associados à degradação dos marcadores, às condições de luminosidade e possíveis oclusões devem ser considerados aquando da adoção destas soluções.

Por outro lado, a tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*) é apontada como uma outra possibilidade de implementação, por permitir identificar objetos aos quais esteja associada uma *tag*, seja esta ativa ou passiva. Características técnicas e requisitos de funcionamento da RFID foram previamente abordados no Capítulo II, na sequência de exploração das várias formas adotadas para a interação em museus. Contudo, relembra-se que para que a leitura, sem fios, de uma etiqueta seja feita é necessário recorrer a um leitor RFID compatível, que transmite para o computador o código ASCII<sup>44</sup> do identificador associado à mesma; assim, torna-se possível reconhecer o elemento em questão. Do ponto de vista das propriedades físicas de sensoramento

---

<sup>44</sup> ASCII – *American Standard Code for Information Interchange* – é um esquema de codificação de caracteres em 7 bits, desenvolvida a partir de códigos telegráficos e baseando-se no alfabeto inglês, sendo utilizado para a apresentação de texto em diversos equipamentos. Consultado a 23 março 2014, <http://en.wikipedia.org/wiki/ASCII#7-bit>.



proporcionadas por esta tecnologia, apontam-se a detecção de presença e a identificação das *tags* dos objetos às quais estejam associadas, que são lidas em tempo real. Dado que o processo não apresenta latência considerável, esta tecnologia torna-se vantajosa em termos de *performance* e também em termos de escalabilidade, pois o número máximo de etiquetas que podem ser utilizadas é muito elevado. Porém, a leitura simultânea das várias etiquetas está confinada às características do leitor RFID. Em oposição ao que se verifica para o caso das fiduciais QR Code e de outras utilizadas na visão por computador, as etiquetas RFID não se degradam com o manuseamento e não é necessário que estejam visíveis, pois podem ser embebidas nos objetos físicos – não alterando a aparência destes – e mesmo assim continuarem a ser lidas, sem fios. Todavia, as *tags* podem apenas ser embebidas em materiais que se apresentem transparentes aos sinais de rádio, e o custo dos leitores RFID é alto quando comparado com o preço de impressão das fiduciais (Shaer & Hornecker, 2009).

Por sua vez, os microcontroladores são apontados como recursos tecnológicos para a implementação, por permitirem estabelecer um ponto de contacto entre os mundos real e digital. São definidos como pequenos computadores que contêm um processador, memória e periféricos de entrada – para receber informações do ambiente externo – e de saída – meios para enviar respostas para o mundo físico. São apontadas como vantagens do seu uso o facto de serem portáteis, pois podem ser ligados a baterias, apresentarem dimensões e peso reduzidos, e capacidade de *performance* muito elevada (O’Sullivan & Igoe, 2004; Shaer & Hornecker, 2009). Por este fato, recorrem a sensores como meio de receção de dados do mundo físico, tais como luminosidade, som, aceleração, toque, movimento, temperatura, proximidade, posição, radiação, concentração de gás, humidade, etc. Por outro lado, a função dos atuadores é a de produzir alterações no ambiente, através de luzes, sons, movimento, vibração, entre outros. Do ponto de vista do custo associado, os valores variam de acordo com os sensores e os atuadores em questão, que devem obedecer a ligações físicas específicas para garantir o seu correto funcionamento. Em termos de alteração estética dos objetos, não se constata grandes modificações, se for tomado em consideração o esforço de minimizar as alterações visuais nos mesmos, dado que estes componentes podem ser embebidos nos próprios elementos ou no meio ambiente. Contudo, a utilização de microcontroladores pode causar constrangimentos em termos de escalabilidade, pois o número de portas de entrada/saída disponível pode não ser suficiente (Shaer & Hornecker, 2009).

Realizada a comparação de propriedades de vários tipos de soluções tecnológicas, em seguida a atenção recairá sobre a solução adotada para a concretização do protótipo.

### **3.5.2. JUSTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO ADOTADA**

Aquando da apresentação da investigação a colaboradores do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, concluiu-se que as amostras poderiam, eventualmente, receber uma etiqueta na parte inferior, de fácil remoção. Deste modo, qualquer uma das tecnologias de implementação acima referidas poderia ser utilizada no protótipo, como forma de viabilização dos resultados obtidos no

estudo de *design* de interação. Todavia, após a disponibilização das quatro amostras geológicas, surgiram questões como:

- i) Comportando os artefactos pelo menos duas faces de apoio, como definir qual delas é a base?
- ii) No caso de se optar pela fixação de etiquetas, qual a face e qual a sua zona que deve ser ocultada?

Estas preocupações foram exploradas em conversa com Márcia Guimarães, responsável pela curadoria de geociências do Museu, tendo-se determinado que a inclusão da tecnologia não deveria interferir com os aspetos estéticos e físicos das amostras, abrindo espaço para a exploração e contemplação – visual e tátil – completa dos artefactos. Assim, considerou-se que a presença de uma etiqueta anexada a cada uma das amostras geológicas constitui um obstáculo à percepção de parte das mesmas, independentemente das suas dimensões. Com isto, descartaram-se a implementação das tecnologias de visão por computador, RFID e QR Code, tendo em atenção que, de acordo com O’Sullivan e Igoe (2004) e Shaer e Hornecker (2009), a escalabilidade permitida pelas mesmas é praticamente ilimitada. Neste seguimento, e com base na comparação de características de hipóteses de tecnologia para implementação, a utilização de um microcontrolador, de sensores e de atuadores mostrou-se satisfatória para a conceção do modelo de interação pelo qual o protótipo se rege.

Dentro dos vários microcontroladores existentes no mercado, o Arduino<sup>45</sup> – na imagem<sup>46</sup> mais à esquerda da Figura 21 – apresenta a característica de ser uma plataforma *open-source* que permite a ligação de sensores analógicos e de atuadores, é programável, e pode ser utilizado isoladamente ou em comunicação com *software* que esteja a correr no computador, tal como Flash<sup>47</sup>, Processing<sup>48</sup> e MaxMSP<sup>49</sup> (Arduino, n.d.-c). Dada a existência de um conjunto vasto de sensores e atuadores suportados por este microcontrolador, procedeu-se a uma pesquisa para aferir quais poderiam ser utilizados para a realização do protótipo.

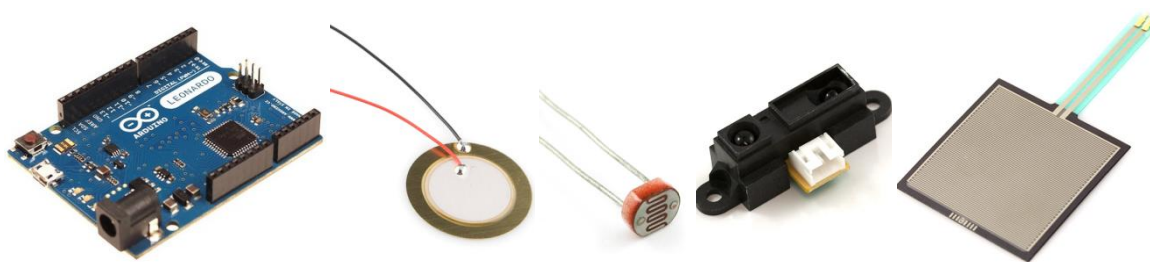


Figura 21 - Microcontrolador e sensores.

<sup>45</sup> <http://www.arduino.cc/>

<sup>46</sup> Fonte: InMotion. Consultado a 2 junho 2014, <http://www.inmotion.pt/store/sensors>

<sup>47</sup> <http://www.adobe.com/pt/products/flash.html>

<sup>48</sup> <http://www.processing.org/>

<sup>49</sup> <http://cycling74.com/products/max/>

Os sensores piezoelétricos – segunda imagem na Figura 21 – são elementos polarizados empregues com a finalidade de detetar sons e pulsos, podendo também produzir os mesmos, sendo a quantidade física da voltagem lida codificada num resultado digital, recorrendo ao conversor analógico-digital (ADC – *Analog-to-Digital Converter*) presente no microcontrolador (Arduino, n.d.-a). No contexto específico do projeto, a sua utilização seria viável caso as amostras estivessem em contacto com os mesmos; quando um acervo fosse levantado ou pousado, a variação sentida pelo sensor piezoelétrico seria codificada e enviada para o Arduino. Porém, a sensibilidade às vibrações mostrou-se um condicionador à sua implementação, dado que, se uma pancada forte fosse exercida na estrutura do móvel do protótipo, o evento era registado pelos vários sensores.

Por sua vez, os LDR – *Light Dependent Resistor* – ao centro na Figura 21, apresentam-se como uma solução simples e barata, que registam variações ao nível da sua resistência interna de acordo com a luminosidade que os alcança; à medida que a luminosidade aumenta, a resistência sofre uma diminuição gradual. Quando acoplados com uma resistência externa para a divisão da tensão, estes componentes podem ser utilizados como sensores de luminosidade, que detetam variações de intensidade de luz (Bildr, 2012a). A sua implementação para o projeto seria considerada para a situação em que cada sensor estaria disposto sob cada uma das quatro amostras geológicas, que, quando pousadas, bloqueariam grande parte da luz que chega às células fotossensíveis. Desta feita, de cada vez que algum elemento do acervo fosse levantado, a luminosidade que chegaria ao respetivo sensor seria maior, contribuindo para a apresentação de um valor resistivo mais baixo. Seria então possível detetar quais dos objetos se encontrariam em repouso, e quais os que estariam a ser manuseados. Contudo, refere-se que deve ser tomada em consideração a situação de ocorrência de sombras sobre a superfície do protótipo, provenientes da manipulação das várias amostras pelos utilizadores; de acordo com a intensidade das sombras formadas, o valor dos sensores que se encontrassem ao descoberto poderia ser afetado, conduzindo a problemas a nível do funcionamento geral.

Também a utilização de sensores de infravermelhos (IR – *Infrared*) – na quarta imagem da Figura 21 – foi considerada para a implementação dos resultados do estudo de interação. A radiação infravermelha apresenta-se invisível ao olho humano, sendo utilizada como comunicação sem fios para a troca de dados entre dispositivos e em comandos remotos de televisão, entre outros. Para efetivar a transmissão da informação torna-se necessário que um LED – *Light Emitting Diode* – transmissor de IR e um sensor recetor de infravermelhos estejam alinhados, de forma a garantir um campo de visão seguro entre ambos (Sparkfun, n.d.). No contexto prático do projeto, estes sensores poderiam indicar a presença ou não de um objeto; alinhados o transmissor e o recetor de IR, se nenhum dado fosse lido pelo recetor significaria que a amostra geológica estaria em repouso, interrompendo a comunicação entre ambos. Por outro lado, se a troca de dados se verificasse, poder-se-ia concluir que o elemento pertencente ao acervo estaria a ser manipulado pelo utilizador. Assim, coloca-se o problema de oclusão da visão do feixe de infravermelhos por parte do sensor encarregue pela receção, evento verificado em locais com iluminação ambiente forte, onde a incidência dos raios do Sol era praticamente direta. Adicionalmente, se na área de troca de informação entre ambos os sensores ocorresse acidentalmente a criação de obstáculos – por exemplo, uma mão ou um braço do visitante, resultante da interação com os objetos dispostos no

protótipo – verificava-se que o sistema assumia a presença da amostra geológica, provocando alterações a nível do funcionamento previsto.

Tomando em consideração que o acervo do MM Gerdau disponibilizado para a realização do protótipo apresenta cores distintas, foi ponderada a utilização de um sensor de deteção cor para a identificação de cada objeto. Estes sensores são normalmente constituídos por quatro transístores emissores de luz, sendo que em três deles estão aplicados filtros para a emissão separada de luminosidade vermelha (R - *red*), verde (G - *green*) e azul (B - *blue*). Dado que o sensor é empregue com a finalidade de detetar o tom do objeto colocado sobre si, a particularidade da existência dos filtros em três dos quatro LEDs faz com que apenas a cor correspondente a cada um deles seja reconhecida pelos mesmos. O quarto foto-transístor – que não possui nenhum filtro – é sensível a todos os comprimentos de onda da luz, acabando por reconhecer a cor do objeto (Earl, 2013; Repositório da Automação, 2013). Na situação concreta da sua aplicação para o desenvolvimento do projeto, pretendendo ampliar o sistema para o reconhecimento de um maior número de amostras geológicas, surge o problema de identificação, caso a coloração ser semelhante em mais do que um caso. Por este motivo, a implementação de um sensor RGB para a deteção de cor foi descartada.

Como meio para obter informações acerca da existência de contacto com área específicas, os sensores de toque capacitivo apresentam-se como opções disponíveis em diversos formatos. O seu princípio de funcionamento assenta na quantidade de carga elétrica possível de ser acumulada por um objeto, de acordo com a tensão injetada no circuito e corrente que o atravessa – capacitância. A partir do momento em que uma pessoa estabelece contacto com algum elemento físico, a quantidade de energia elétrica presente no material é alterada; com isto, os sensores capacitivos de toque estão habilitados a detetar a ocorrência dessas variações (Badger, n.d.; Bildr, 2011). No caso da implementação para o protótipo de um sensor de toque capacitivo, seriam conduzidas ligações elétricas até à área reservada para a manipulação das quatro amostras geológicas; de forma a evitar interferências indesejadas, os artefactos seriam dispostos com intervalos confortáveis entre si. Por sua vez, quando o utilizador manipulasse pelo menos um elemento físico – percorrido por uma determinada corrente elétrica – o evento iria ser registado pelo sensor. Refere-se, no entanto, que esta solução não foi testada devido à falta de equipamento.

Por fim, os sensores de força resistivos (FSR – *Force Sensitive Resistor*), incluídos na imagem mais à direita da Figura 21 – permitem medir a quantidade de força exercida numa determinada área sensível, podendo esta apresentar diversos tamanhos diametrais – 0.2”<sup>50</sup>, 0.5”, 1”, 1.5”, entre outros. O seu princípio de funcionamento é idêntico ao de um potenciómetro, sendo que quanto maior for a quantidade de força aplicada, menor será o valor da resistência apresentada pelo FSR; em oposição, se nenhuma força estiver a ser exercida, o valor lido da resistência tende para infinito (Bildr, 2012b). Em termos de constituição, um FSR é dividido em três camadas flexíveis sobrepostas: o substrato superior comporta um semicondutor impresso, enquanto a película

---

<sup>50</sup> O símbolo ” significa polegada (*inch*), que é uma medida de comprimento, em que cada unidade corresponde a 2.54 centímetros. Consultado a 23 março 2014, <http://www.convertworld.com/pt/comprimento/Polegada.html>.

inferior é composta por pontos ativos de elétrodos, que, de acordo com o volume de contacto estabelecido com o semicondutor, provoca variações a nível da resistência do material. A terceira camada, disposta entre as duas acima descritas, funciona simultaneamente como um adesivo, para as unir, e garante a existência de espaço entre ambas, no seu estado de repouso; é esta quebra de espaço, resultante da presença de uma força, que faz diminuir o valor da resistência do sensor (Adafruit, 2013). Apesar dos FSRs serem indicados para detetar peso, é apontado que o valor lido não é completamente fiável, apresentando, por vezes, erros de leitura superiores a 10% em relação ao valor real (Adafruit, 2013; Bildr, 2012b). Tomando em consideração esta característica para o contexto prático do projeto, a sua utilização foi pensada para a deteção ou não de força: se a amostra geológica estivesse disposta sobre o sensor, o valor da resistência seria pequeno; caso o utilizador estivesse a manipular o artefacto, a resistência seria vista como infinita, comportando-se o circuito em análise como um circuito aberto. Esta conclusão verificou-se para ambos os sensores testados, apesar de se terem verificado algumas particularidades:

- i) O sensor de menor dimensão compreendia uma área sensível com diâmetro de 0.2", e as suas especificações técnicas apontavam para a deteção de variação de força entre os 0kg e os 11kg. Os testes efetuados levaram a concluir que um objeto, quando colocado sobre essa superfície, provocava o aumento do valor analógico lido, mas apenas em algumas das vezes; percebe-se que para este caso, a presença do artefacto nem sempre foi sinalizada.
- ii) Devido a este motivo, optou-se por testar FSRs com uma região de deteção de força superior, mais especificamente com 1.5" de diâmetro, capazes de reconhecer pesos aplicados na gama dos 100g até aos 10kg, de acordo com o *datasheet* do produto. Para este caso, verificou-se que o reconhecimento da presença das amostras geológicas ocorreu com sucesso em todos os testes realizados.

Relativamente aos atuadores adotados para assegurar o *feedback* visual previsto pelo modelo de interação, a utilização de LEDs RGB – *Light-Emitting Diode Red, Green and Blue* – constituem opções viáveis para a implementação. Com um princípio de funcionamento semelhante ao dos LEDs, diferem por possuírem quatro pinos, um para assegurar a ligação do circuito à massa e três deles utilizados para sintetizar a tríade de cores primárias (vermelho, verde e azul), permitindo ainda obter um leque de variações cromáticas, de acordo com a quantidade de corrente que se faz passar por esses terminais (Instituto Newton C. Braga, n.d.).

A título de conclusão desta secção, e antes de se proceder ao estudo do *design* gráfico, assinala-se que os elementos adotados para o protótipo foram o microcontrolador, sensores de força resistivos de 1.5", LEDs, LEDs RGB e colunas de som para fazer ouvir os conteúdos sonoros.

### **3.6. ESTUDO DE *DESIGN* GRÁFICO**

Ao longo da presente secção serão tratados os aspetos referentes ao *design* adotado para a apresentação dos conteúdos gráficos, de acordo com a interação realizada pelo utilizador. Refere-

se que as informações visuais apresentadas pelo protótipo são estáticas, contemplando imagens e textos explicativos. A adoção desta forma de apresentação dos conteúdos visionados foi acordada desde o início com Márcia Guimarães, responsável pela curadoria de geociências do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, e com Ana Veiga. Com o desenvolvimento dos mesmos, procurou-se conseguir um ambiente sólido, atrativo, simples e apropriado ao espaço museológico, bem como ao próprio edifício que acolhe o Museu. Recorreu-se ao *software* Adobe Photoshop CS5, para o tratamento das fotografias – da autoria de Leonardo Miranda, técnico de geologia e fotógrafo do MMM – e ao programa Adobe Illustrator CS6 para a concretização dos vários ecrãs.

### 3.6.1. ETAPAS INICIAIS DE DESENVOLVIMENTO DO AMBIENTE GRÁFICO

Após a disponibilização das quatro amostras geológicas, e tomando em consideração o ambiente museológico do MM Gerdau, foram elaborados, inicialmente, três cenários possíveis para a projeção das informações acerca do acervo em utilização, observáveis na Figura 22. Com isto foi possível delinear um caminho a seguir, no sentido de começar a pensar na linguagem a adotar para a interface gráfica. As principais modificações do ambiente gráfico, resultantes das diversas sessões de trabalhos realizadas com profissionais do Museu, serão exploradas e apresentadas, recorrendo às figuras que se seguem.

No dia 18 de março de 2014 foram apresentados a Márcia Guimarães e a Leonardo Miranda os três ambientes de comunicação possíveis de virem a ser implementados, tendo-se decidido, por unanimidade, que o protótipo iria apresentar as informações aos visitantes de acordo com o cenário mais à direita da Figura 22. O objetivo definido para este ecrã foi o de evidenciar as principais características de cada uma das amostras geológicas. Posto isto, foram sugeridas modificações a nível de contraste para o caso do mineral água-marinha e em relação à inclusão de novas fotografias deste e da muscovita, para apresentar no ambiente gráfico. A tarefa de fotografar profissionalmente as quatro amostras ficou a cargo de Leonardo Miranda.

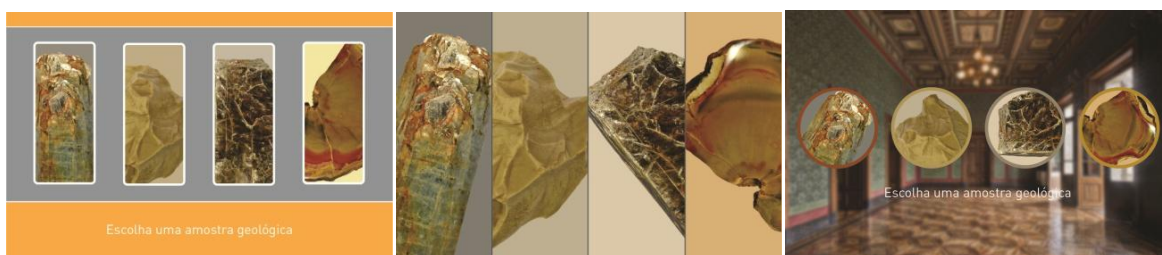


Figura 22 – Alterações da imagem inicial para apresentação dos conteúdos.

Como ponto de partida para o caminho a seguir, foram efetuadas modificações nos ecrãs de apresentação dos conteúdos: caso de apenas uma amostra geológica em manuseamento ou de duas em utilização. Na Figura 23 apresentam-se as principais modificações efetuadas ao longo do tempo para a apresentação das informações relativas a apenas uma amostra a ser usada. Apesar de terem sido disponibilizados quatro elementos geológicos, documenta-se apenas a evolução do ambiente gráfico para o caso da água-marinha.



Figura 23 – Evolução do ambiente para apresentação dos conteúdos gráficos das amostras únicas.

Na imagem mais à esquerda da Figura 23, uma fotografia do elemento geológico era apresentada, com dimensões superiores à dos conteúdos em texto. Na figura central, foi mantida a imagem de fundo do ecrã inicial. A área de apresentação dos conteúdos foi diminuída, tendo sido delimitada por uma cor contrastante, apresentada pelo mineral água-marinha. Repare-se que na parte inferior foram dispostas as outras três amostras geológicas que se encontravam assentes na interface, e com as quais o visitante poderia estabelecer contacto. Na figura mais à direita, optou-se por diminuir a fotografia da amostra geológica, dado que os utilizadores estariam com ela em mãos, aquando da visualização destas informações. Assim, pretendeu-se que os visitantes tivessem a oportunidade de explorar visualmente a amostra em manuseamento, tendo-se aumentado os conteúdos de informação textual acerca dos elementos do acervo. Na parte inferior do ecrã incluíram-se, ordenadamente, as quatro peças do Museu, sendo que aquela que estivesse em utilização seria levemente iluminada – a área em torno da água marinha encontra-se ligeiramente destacada em relação às outras três. Tal como é possível observar, a cor e tamanho dos textos foram sendo adaptados, bem como a sua disposição em relação ao espaço das imagens, de forma a tornar mais aprazível aos utilizadores o contacto com estas informações.

Em relação à comparação entre duas amostras, a evolução da interface gráfica é apresentada na Figura 24 para o caso da água-marinha e da madeira fossilizada.



Figura 24 – Evolução do ambiente para a apresentação dos conteúdos gráficos da comparação entre duas amostras.

Os aspetos tomados em consideração para a situação das imagens de apresentação das informações relativas a duas peças do acervo, manuseadas em simultâneo, são análogos aos mencionados anteriormente. Pretendeu-se focar a atenção nos conteúdos textuais e não tanto nas fotografias das amostras, dado que o visitante os poderia explorar ao vivo. Aponta-se que, para este caso, na imagem mais à direita da Figura 24, sempre que o utilizador estivesse com duas peças em mãos, as áreas correspondentes na zona inferior seriam destacadas em relação às outras duas amostras.



A partir deste ponto, vão ser abordados os aspetos tomados em consideração para o resultado final, entre os quais, a organização dos elementos apresentados, as cores e os conteúdos visuais.

### 3.6.2. ORGANIZAÇÃO DOS ELEMENTOS APRESENTADOS

Relativamente à imagem de fundo, a escolha recaiu sobre uma fotografia do Salão Nobre do MM Gerdau, localizado no primeiro andar do edifício, por ser um espaço marcante na história e identidade do prédio do Museu. Optou-se por incluir esta representação em todos os ecrãs, após o tratamento da mesma, com o intuito de manter uma consistência visual ao longo de toda a interação.

Dadas as diferenças bem definidas entre as características físicas de cada uma das peças do acervo da coleção do Museu, o ecrã inicial pretende mostrar as particularidades de cada uma. Olhando para a madeira fossilizada, consegue-se perceber a presença do conduto interno, o corpo do tronco e a sua casca, enquanto as faces da água-marinha formam um polígono hexagonal. Por outro lado, as extremidades da muscovita assemelham-se às páginas de um livro fechado, ao passo que o sílex revela áreas fraturadas com curvaturas. A organização das amostras no ecrã inicial foi realizada em consonância com a disposição das mesmas na superfície da interface, com o intuito de fornecer ao visitante um mapeamento visual mais claro entre o que está exposto e o que vê projetado. Neste sentido, a apresentação destes elementos, rodeados por circunferências, foi inspirada na atração “Chão de Estrelas”, da qual não se falou anteriormente, por não fazer uso de tecnologia para a interação. Nesta, o visitante é convidado a olhar para o chão através de monóculos, visualizando diversos minerais, ampliados. Na Figura 25 apresenta-se, à esquerda, o ecrã visualizado quando as amostras se encontram em repouso, e à direita, a grelha de estruturação estabelecida para este. De referir que é apresentado o texto “Escolha uma amostra” para indicar ao utilizador que deve iniciar uma ação.

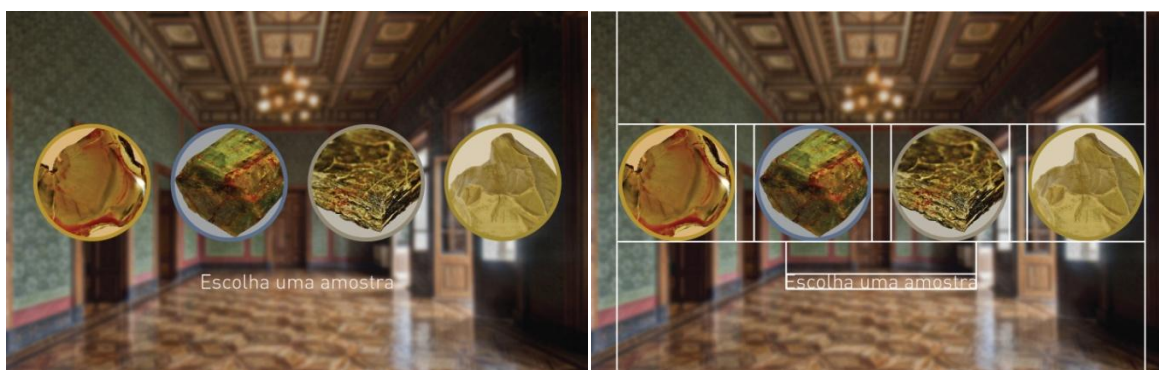


Figura 25 – Ecrã inicial e grelha estrutural do ecrã inicial.

Quando é detetada a manipulação de uma amostra, a imagem projetada inclui o nome da mesma, uma fotografia e informação textual. Assinala-se também, na área inferior, o elemento em utilização, como forma de mapear a navegação do utilizador ao longo da interação. Devido à analogia de organização da informação para os três casos restantes, optou-se por, na imagem à



esquerda da Figura 26, se apresentar apenas o ecrã para a água-marinha e, à direita, a grelha utilizada para a estruturação das zonas de atenção.

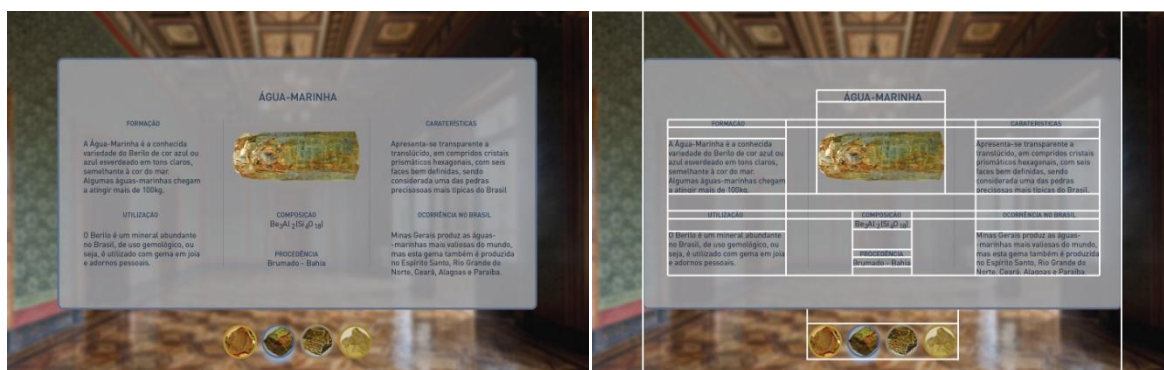


Figura 26 – Exemplo do ecrã apresentado no caso de manipulação de uma amostra geológica e grelha de estruturação.

Se o visitante manipular duas amostras em simultâneo, a projeção mostra uma comparação entre ambas, por assuntos em comum. As dimensões dos delimitadores apresentados aquando da informação de um exemplar do acervo foram mantidas. Procedeu-se apenas à separação desta área em duas outras, com um pequeno espaçamento entre elas. Para além das informações e curiosidades presentes na forma de texto, optou-se por manter uma fotografia reduzida dos elementos do acervo, para facilitar o reconhecimento por parte dos utilizadores; também a área onde se encontram assinaladas as peças em manuseamento foi mantida, mas, desta feita, duas delas surgem com brilho. Considerou-se ainda necessário manter a organização do que está a ser visionado, de acordo com a disposição das amostras geológicas na superfície do móvel. Assim, a informação que aparece mais à esquerda na imagem, corresponde ao exemplar do acervo cuja posição em repouso sobre o móvel é anterior ao outro objeto em comparação. A imagem à esquerda, na Figura 27, ilustra os conteúdos apresentados quando as amostras geológicas em utilização são a madeira fossilizada e a água-marinha; à direita, mostra-se a grelha de estruturação dos conteúdos gráficos.



Figura 27 – Exemplo de um ecrã de comparação entre duas amostras geológicas e grelha de estruturação.

Para além das imagens acima referidas, foi produzida uma outra de aviso, com o intuito de dar a conhecer ao visitante os limites previstos pelo modelo de interação. Aquando da apresentação deste último, foi discutido que o protótipo seria implementado para comparar, no máximo, dois

exemplares em simultâneo. Contudo, anteriormente descreveu-se uma visita realizada ao Museu por alunos de uma escola de Belo Horizonte, na qual o investigador participou, com o objetivo de conhecer de perto o programa Educativo. Durante a mesma, constatou-se a tendência dos visitantes para partilharem o espaço de interação das diversas atrações, ainda que grande parte destas não tenham sido projetadas para utilização concomitante. Tomando isto em consideração, sempre que o sistema detetava um número de amostras em utilização superior a duas, era visionada a imagem com a frase “Só duas amostras podem ser comparadas ao mesmo tempo”.

### 3.6.3. CORES E CONTEÚDOS VISUAIS

Para a concretização das imagens foi utilizada a paleta de cores da Figura 28. Esta foi construída pela observação das tonalidades reveladas pelas amostras geológicas, de forma a conseguir um contraste e leitura dos textos agradável, em que cada conjunto pretende manter a identidade visual.



Figura 28 – Paleta de cores utilizada para os conteúdos visuais apresentados.

As cores presentes na primeira coluna da imagem foram incluídas para o fundo da área de apresentação dos conteúdos, enquanto aquelas apresentadas na segunda coluna delimitam essa mesma zona. Como meio de destacar os títulos em relação ao texto informativo, foram utilizados os tons da terceira e quarta coluna, respetivamente. Por sua vez, para o caso do manuseamento de apenas um exemplar do acervo, os textos encontram-se agrupados em três áreas distintas, tal como apresentado anteriormente na Figura 26, tendo-se desenhado duas linhas verticais com as cores da quinta coluna da paleta para introduzir uma quebra no espaço visual.

Com a escolha do tamanho e tipo de letra, pretendeu-se proporcionar uma leitura fácil e agradável das informações, e que se adequassem ao *layout* estabelecido. Após várias modificações, a fonte utilizada foi a DINPro, variando a sua dimensão e densidade de acordo com a área da imagem em que o texto aparece:

- Na imagem inicial, apresentada na Figura 25, o estilo de fonte definido para o texto “Escolha uma amostra” foi o regular, com dimensão de 48 pontos.
- Nos ecrãs que surgem aquando do manuseamento de apenas um exemplar geológico – na Figura 26 apresentou-se a interface gráfica da água-marinha – a fonte do nome da amostra possui 26 pontos e estilo médio, o que se transpôs para os títulos das temáticas abrangidas, mas cujas dimensões são de 16 pontos. Os caracteres dos conteúdos informativos, por sua vez, possuem 19 pontos e estilo de fonte regular.

- Nas imagens de comparação de acervo – exemplo de um ecrã na Figura 27 – o nome da cada uma é mostrado com 23 pontos de tamanho e o título das temáticas em análise com 16 pontos, tendo-se utilizado, em ambos os casos, um estilo de fonte médio. Adicionalmente, a dimensão do texto informativo é de 19 pontos e a densidade, regular.
- Para a recomendação, projetada quando a interação com os objetos da interface é superior ao pré-estabelecido, o texto “Apenas duas amostras podem ser comparadas ao mesmo tempo” apresenta-se com estilo de fonte regular e 60 pontos.

Refere-se que as informações textuais apresentadas nas imagens foram adaptadas dos textos produzidos pela responsável pela curadoria de geociências, Márcia Guimarães, complementados pelo técnico em geologia e fotógrafo, Leonardo Miranda, e revistos por Paola Oliveira, analista de comunicação do MM Gerdau – Museu das Minas e do metal, os quais se incluíram no Anexo D.

A título de conclusão desta secção, e antes de dedicar a atenção ao desenvolvimento propriamente dito do protótipo, aponta-se que foram elaborados doze ecrãs para a projeção dos conteúdos, de acordo com a interação realizada pelos visitantes, tendo-se incluído os resultados finais no Anexo E.

### **3.7. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO**

O processo de desenvolvimento do protótipo foi contínuo ao longo do tempo e iterativo, contando com a participação de diversos colaboradores do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal e de elementos exteriores ao Museu, tal como previsto pela metodologia seguida ao longo do presente estudo.

Ao longo da presente secção é feita a síntese dos participantes no estudo, detalhadas as sessões de trabalho individuais e em colaboração, apresentada a concretização do mobiliário de apoio ao protótipo, dado a conhecer o processo de mobilização de voluntários para a gravação das locuções e apresentado o protótipo em funcionamento.

#### **3.7.1. SÍNTESE DOS PARTICIPANTES ENVOLVIDOS NO ESTUDO**

De forma a clarificar as contribuições de cada participante para as várias fases do estudo em que estiveram envolvidos, sintetizam-se na Tabela 1 informações relativas a essas mesmas pessoas, agrupadas de acordo com a instituição a que estão ligadas.

Tabela 1 – Síntese de informações referentes aos elementos que participaram no estudo.

MM GERDAU – MUSEU DAS MINAS E DO METAL	
NOME	CARGO DESEMPENHADO NA INSTITUIÇÃO
Helena Maria Mourão Loureiro	Diretora do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal
Alaôr Amaral de Moraes	Responsável pelos serviços de marcenaria
Alexandre Livino Mendes Bezerra	Gestor de tecnologia de informação e comunicação; responsável de museografia
Gledson Ferreira de Assis	Técnico audiovisual; técnico de museografia
Guilherme Borges Leão	Monitor do programa Educativo
Laura Marinho Pereira da Cunha	Auxiliar do programa Educativo
Leonardo Lopes de Miranda	Técnico de geologia; fotógrafo
Márcia Regina Carvalho dos Santos Guimarães	Responsável pela curadoria de geociências
Paola Bruna de Oliveira Silva	Analista de comunicação
Sandro Ribeiro Monteiro	Analista em educação
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS   CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA	
Daniela Casagrande Matos	<i>Designer</i> ; estudante de mestrado em engenharia de materiais
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	
Ana Cecília Rocha Veiga	Professora Adjunta do Departamento de Tecnologia da Escola de Arquitetura; responsável pelo GRAFT <sup>51</sup>
Gilberto Geraldo Correia	Sonoplasta na Rádio UFMG Educativa
Raquel Franca Garcia Augustin	Estudante de conservação e restauração na Escola de Belas Artes; pesquisadora do GRAFT
Soraia Oliveira de Vasconcelos Botelho	Jornalista da Globo; escritora; estudante de museologia
BIBLIOTECA PÚBLICA ESTADUAL LUIZ DE BESSA	
Cleide Aparecida Fernandes	Coordenadora do setor Braille

<sup>51</sup> GRAFT – Grupo de Referência em Gestão de Projetos, Arquitetura Efêmera e Tecnologia de Museus, grupo de pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais.

### 3.7.2. SESSÕES DE TRABALHO INDIVIDUAIS E EM COLABORAÇÃO

As sessões de testes de desenvolvimento do protótipo incluíram tanto momentos de estudo a um nível técnico, necessários para a implementação do projeto, quanto ocasiões em que a participação de colaboradores do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal foi solicitada, durante as quais, através da interação com o protótipo, foram tecidos comentários e sugestões que conduziram à identificação de erros e permitiram melhorar diversos aspetos assinalados.

Relativamente aos testes realizados a nível dos sensores e dos atuadores que constituem a interface, será abordada em seguida a primeira situação. Após a disponibilização das amostras geológicas e do planeamento do modelo de interação, foram conduzidos momentos de trabalho no sentido de verificar a gama de valores reconhecidas pelos FSRs, para cada elemento do acervo. Durante esta fase, concluiu-se que a leitura da força aplicada sobre as áreas sensíveis apresentava um menor intervalo de variação desde que os sensores de força resistivos estivessem dispostos a cerca de 2 milímetros de altura em relação ao plano da superfície principal, devido às irregularidades significativas presentes em dois dos quatro exemplares – sílex e muscovita. Dado que o peso dos elementos do acervo era distinto, foi necessário conhecer a variação dos valores lidos quando estes estivessem dispostos sobre os mesmos. Para tal, foram realizados 5 testes para cada unidade, de forma a obter o valor máximo e mínimo da leitura registada, tomados em consideração posteriormente, aquando da escrita do código de programação. Na Tabela 2 apresenta-se a gama de variação mínima – situação em que os elementos geológicos estão a ser manuseados – e, na Tabela 3, o intervalo auferido quando estes se encontram em repouso na interface, de acordo com o sensor correspondente.

Tabela 2 – Valores registados pelo sensor quando não é detetada nenhuma força.

VALORES	VALOR MÍNIMO 1	VALOR MÍNIMO 2	VALOR MÍNIMO 3	VALOR MÍNIMO 4	VALOR MÍNIMO 5
	0	3	5	1	0
MENOR VALOR MÍNIMO = 0					
MAIOR VALOR MÍNIMO = 5					

Tabela 3 – Valores registados pelos sensores quando as amostras se encontram sobre a interface.

VALORES/SENSOR	MADEIRA FOSSILIZADA	ÁGUA-MARINHA	MUSCOVITA	SÍLEX
VALOR MÁXIMO 1	984	914	481	810
VALOR MÁXIMO 2	790	982	878	203
VALOR MÁXIMO 3	991	983	940	670
VALOR MÁXIMO 4	759	951	453	889
VALOR MÁXIMO 5	993	969	520	904
MENOR VALOR MÁXIMO	759	914	453	203
MAIOR VALOR MÁXIMO	991	983	940	889

Verifica-se que o maior valor mínimo apontado para o caso em que nenhuma força é exercida sobre o FSR é de 5. Não obstante, considerou-se no código de programação o valor limite de 50 para definir que uma amostra está em utilização. Por outro lado, o menor valor máximo para o caso do sílex é de 203, tendo-se optado por considerar o limite igual ou superior a 150 para concluir que as amostras não estariam a ser manuseadas.

A nível dos quatro atuadores luminosos, três LEDs RGB e um normal, de cor branca, pretendeu-se aproximar as cores à das amostras geológicas, no sentido de facilitar o reconhecimento do *feedback* gerado aquando da execução de uma ação e a consequente devolução das peças à interface, após terem sido manipuladas. Neste sentido, os valores *red*, *green* e *blue* encontrados para a madeira fossilizada, água-marinha e sílex e o valor atribuído à muscovita apresentam-se na Tabela 4, variando entre 0 e 1023.

Tabela 4 – Valores definidos para a apresentação das cores das quatro amostras geológicas.

LED	MADEIRA FOSSILIZADA	ÁGUA-MARINHA	MUSCOVITA	SÍLEX
R	1023	0	-	1023
G	80	1023	-	80
B	0	722	-	4
NORMAL	-	-	1023	-

Observando a informação apresentada na tabela anterior, constata-se que alguns pinos dos LEDs RGB apresentam valores de escrita pequenos, em comparação com os outros. Com base nisto, foi estabelecida uma hierarquia em termos da prioridade concedida para efetuar a ligação dos componentes eletrónicos a portas digitais PWM do Arduino Leonardo, no sentido decrescente dos resultados. Refere-se que o esboço do circuito elétrico utilizado para o protótipo se encontra no Anexo B e que estas portas permitem escrever valores que conduzem ao acendimento gradual da luz.

Em relação ao desenvolvimento da parte funcional do protótipo, diversas alterações foram sendo feitas ao longo do tempo, no sentido de resolver erros encontrados, melhorar a resposta do sistema, conceder um melhor *feedback* e proporcionar um contacto agradável com os conteúdos apresentados. Para tal, a colaboração no estudo de elementos do MM Gerdau ligados às áreas de museologia, curadoria, geociências, *design*, comunicação, administração, educação, entre outras, foi essencial. À medida que modificações foram sendo feitas, foi solicitado a vários colaboradores do Museu a interação livre com o protótipo. Entre estas sessões, concluiu-se que o fornecimento das informações visuais e sonoras ocorriam com um desfasamento em relação ao *feedback* luminoso proporcionado, sendo que quando uma amostra era manipulada, pousada e voltava a ser pegada, o LED assumia a cor branca. No dia 29 de abril de 2014 decorreu uma sessão de testes ao protótipo com diversos elementos, entre os quais a Diretora Helena Mourão esteve presente, tendo-se verificado que se o utilizador levantasse duas amostras ao mesmo tempo, os LEDs associados permaneciam com a luz branca. Estas questões foram resolvidas através de alterações no código de programação. Não obstante, as sessões colaborativas contribuíram para a realização

das alterações a nível da apresentação dos conteúdos gráficos, no sentido de melhorar a estética visual do que seria apresentado. Os textos, tamanhos de letra, cores, alinhamentos, disposição das informações, imagens de fundo, entre outros, foram trabalhados e apresentados aos vários participantes no estudo em distintas ocasiões, tal como previsto pela metodologia seguida.

### 3.7.3. CONCRETIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE APOIO AO PROTÓTIPO

Aquando da apresentação do projeto e recolha de dados iniciais obteve-se a informação de que o MM Gerdau não dispunha de nenhum mobiliário que não estivesse em utilização, para servir de suporte ao protótipo. Posto isto, após a realização de estudos de *design* de interação e de viabilidade técnica, foi solicitada a colaboração da *designer* Daniela Casagrande Matos para o projeto.

A participação voluntária da *designer* teve como objetivo principal a conceção de uma estrutura a ser utilizada pelo protótipo em desenvolvimento, tentando responder aos seguintes desafios:

- que fosse de encontro aos princípios de *design* de interação previamente estudados, entre os quais, permitir que o visitante reconheça a área de colocação das amostras, após ter pegado nelas;
- que permitisse o apoio e delimitação das quatro amostras selecionadas, de forma a minimizar acidentes (deslizamentos ou rolamentos pela superfície) e a condicionar o espaço onde as mesmas estariam pousadas. Esta última propriedade seria também necessária para garantir que a deteção do peso dos artefactos era registada pelos sensores de força resistivos;
- que permitisse ocultar os fios, o microcontrolador e o computador do campo de visão dos utilizadores;
- que fosse funcional e prática, a um preço de viabilização acessível, dado que não seriam disponibilizadas verbas externas para apoiar a construção da estrutura.

A primeira sessão de trabalho, realizada pela *designer* e pelo investigador, envolveu a apresentação dos desafios acima enunciados, a pesquisa de características, resistência e preços de diversos materiais e a procura de exemplos de estruturas existentes e comercializadas. Como resultado, foram desenhados os primeiros esboços do móvel, recorrendo apenas a papel e caneta.

A segunda sessão de trabalho, cumprida no dia 19 de março de 2014 pela *designer* e pelo investigador, envolveu inicialmente a prototipagem em papel, e em seguida, recorreu-se ao *software* SolidWorks<sup>52</sup>, no qual foi trabalhada essencialmente a superfície onde as amostras iriam estar assentes. Na imagem à esquerda da Figura 29 apresenta-se em pormenor essa zona, onde estão contemplados os delimitadores para as amostras geológicas – identificados para um dos casos com a letra A, a amarelo; quatro regiões quadradas, representadas pela letra B, a azul, foram incluídas para a elevação dos sensores de força resistivos, de forma a assegurar que o peso dos artefactos é monitorizado pelos sensores, e quatro furos localizados por trás desses mesmos

---

<sup>52</sup> <http://www.solidworks.com/>

relevos – letra C, a encarnado – foram projetados para a passagem dos fios elétricos. O detalhe de um corte lateral é apresentado na imagem à direita da Figura 29. Para além disso, foi ainda determinado que o material de construção da superfície seria acrílico ou vidro, sendo a escolha feita de acordo com a resistência apresentada, o peso e o custo de cada uma das soluções. Em relação ao material utilizado para o corpo do móvel, a solução encontrada mais em conta foi a utilização de placas de fibra de madeira de média densidade – MDF (*Medium-Density Fiberboard*).

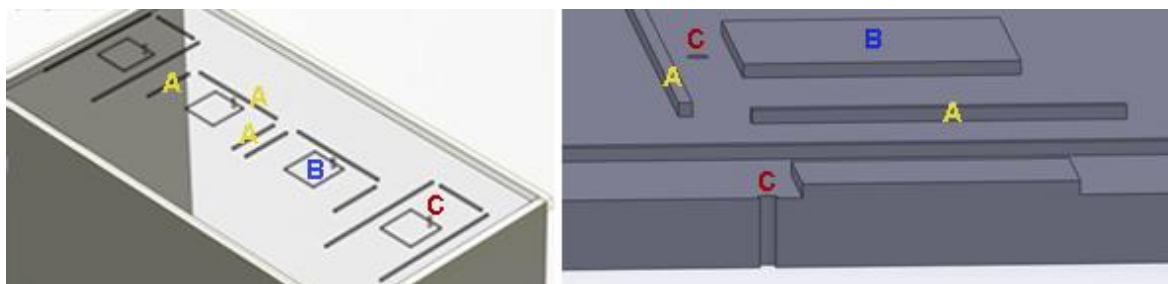


Figura 29 – Vista da área superior do móvel e pormenor de um corte lateral realizado sobre a superfície.

No dia 20 de março de 2014 foram apresentados a Márcia Guimarães os esboços do móvel, conseguidos na sessão de trabalho anterior. De forma a prevenir a não degradação da superfície devido a riscos resultantes da manipulação das amostras geológicas, pensou-se em aplicar sobre esta área uma película autocolante de plástico mate, por poder ser facilmente substituído em caso de deterioração, e por permitir a passagem da luz proveniente dos LEDs, utilizados para a sinalização da área correspondente ao pousar dos artefactos.

Nas sessões de trabalho sucessivas, a colocação em prática do modelo de interação permitiu chegar à conclusão de que os delimitadores apontados na Figura 29 com a letra A, a amarelo, eram dispensáveis, desde que fossem fornecidas aos visitantes indicações visuais claras acerca dos locais onde os artefactos deveriam ser devolvidos – esta necessidade ganha força, sobretudo na situação em que o utilizador estivesse a manipular duas amostras em simultâneo. Posto isto, desenvolveu-se o *design* da película autocolante mate a colar sobre a superfície onde as quatro amostras geológicas estariam dispostas. Na imagem à direita da Figura 30, apresenta-se a visão superior da mesma, onde estão previstas áreas que deixam passar claramente a luz – marcadas a B, a amarelo – e outras onde a luz se revela esbatida – apontadas com a letra A, a azul. Os *constraints*, assinalados pela letra B, a amarelo, deixam de ter altura, passando a apresentar recortes que remetem para os limites geométricos de cada um dos minerais; a correspondência das amostras geológicas a cada uma delas é decifrada através das diferentes dimensões e formas características. Por outro lado, o *feedback* fornecido pelos quatro LEDs, alojados sob o tampo, pretende facilitar a tarefa de retornar os artefactos às posições iniciais.

Ainda em relação à Figura 30, destaca-se na imagem à esquerda a visão aproximada do tampo do móvel, na qual se observa apenas a coexistência das quatro elevações quadradas, para os sensores de força resistivos, e a presença dos furos sobre a superfície, para a passagem dos fios necessários para estabelecer as ligações com cada um deles. Repare-se na inclusão de quatro áreas individualizadas, por debaixo o tampo, com divisões transversais, fabricadas no mesmo material da estrutura do móvel. O objetivo da adoção deste conceito foi o de garantir que a luz



proveniente de cada um dos quatro LEDs alojados naqueles espaços, não interfere com as áreas vizinhas, e também, assegurar um maior suporte para a superfície de disposição dos exemplares geológicos. Assim, se o expositor for visto de cima, cada uma das áreas iluminadas mostra-se devidamente delimitada.

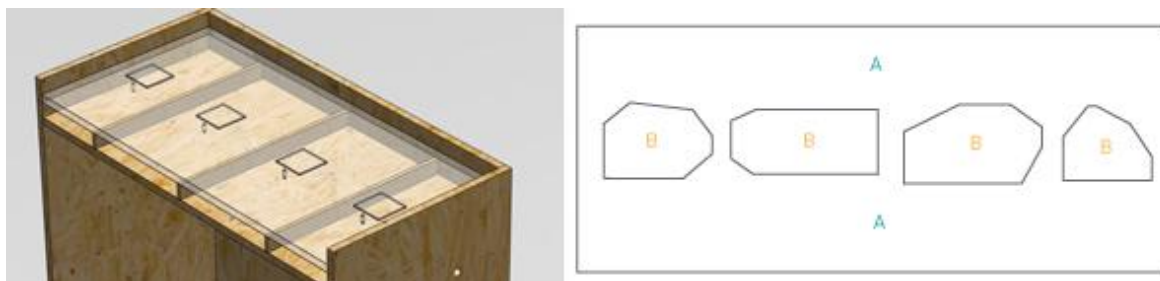


Figura 30 – Visão traseira da superfície do móvel e película autocolante.

Outra alteração realizada foi a de descer a posição do tampo em relação ao nível do solo, o que proporcionou a criação de altura em torno dessa área. Esta transformação foi motivada sobretudo por Márcia Guimarães, no sentido de prognosticar uma garantia para que as peças do acervo, aquando da devolução às suas posições originais, não sofressem danos causados por rolamentos ou deslizamentos indesejados. Na imagem à esquerda da Figura 30, é possível observar estas elevações. Note-se, contudo, que não se mostra o delimitador na parte traseira do móvel, dado que a mesma imagem foi utilizada para explicitar o porquê da criação de quatro áreas ocas, sob o tampo.

Nas sessões de trabalho que se seguiram, a *designer* Daniela Matos deslocou-se ao MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, tendo realizado conjuntamente com o investigador a medição dos mobiliários das diversas atrações presentes no espaço expositivo, de forma a conseguir uma aproximação ideal para a altura a estabelecer para o expositor. A intenção foi garantir que este se enquadrava no ambiente e que a interação fosse confortável para pessoas de todas as idades (tomando em consideração a diferença de alturas entre crianças e adultos, passando pelos jovens e por visitantes em cadeiras de rodas). Como conclusão, decidiu-se que 85 centímetros seria um tamanho vertical acessível à grande maioria dos visitantes.

Com o foco voltado para questões de acessibilidade, nomeadamente com incidência no caso concreto de pessoas com deficiência visual, a inclusão de som no protótipo foi aprovada pela Diretora Helena Mourão e por Márcia Guimarães. Por conseguinte, a necessidade de tornar os conteúdos sonoros audíveis levou à criação de furos no corpo do móvel, visíveis na imagem mais à direita da Figura 31 e assinalados com a letra “E”. Estes orifícios foram dispostos nas duas laterais do corpo do expositor, três em cada uma, e em duas extremidades da parte da frente, perfazendo o total de seis cavidades para a proliferação do som por esta zona.

Com o decorrer do tempo, motivadas por questões específicas, diversas alterações foram efetuadas no sentido de garantir a segurança, quer dos visitantes que interagissem com a interface, quer do acervo e material do Museu em utilização, e também com o intuito de encaixar a peça de mobiliário no espaço, respeitando a identidade visual do que já estava presente.

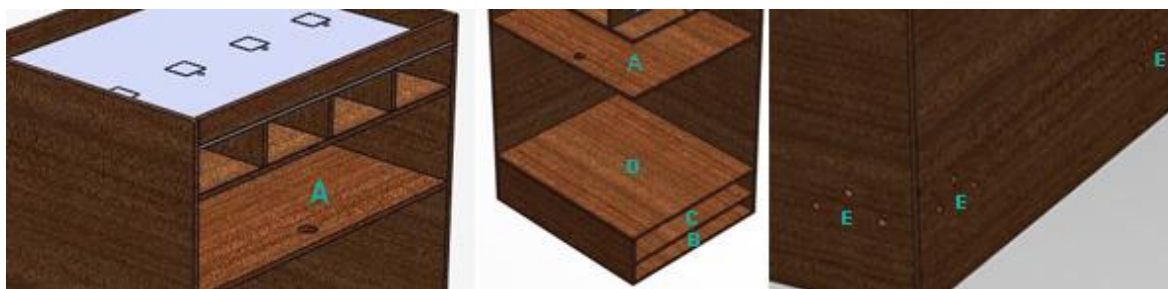


Figura 31 – Pormenores do projeto final da peça de mobiliário.

No dia 7 de abril de 2014 realizou-se uma reunião com a Diretora do MM Gerdau, Helena Mourão, Márcia Guimarães e o investigador, durante a qual foram apresentadas imagens com vista geral de frente e de trás do projeto do móvel, uma aproximação sobre a superfície onde os artefactos estariam dispostos e o detalhe dos furos na estrutura, para facilitar a passagem de som. Em seguida, foi exibido um plano com o detalhamento esperado de se conseguir no final do projeto. Para além disso, foi apresentado o detalhamento técnico, tendo sido dadas a conhecer as dimensões concebidas – 85 cm de altura, 60 cm de largura e 40 cm de profundidade – e os materiais a utilizar para a construção: vidro para a superfície onde as amostras estariam dispostas e madeira de média densidade – MDF – para o corpo do expositor.

Nesta sequência, foi comunicada a aprovação do trabalho desenvolvido até ao momento e do que seria de esperar que acontecesse a partir dali, tendo sido ainda transmitida a intenção do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal em apoiar financeiramente a produção da estrutura onde o protótipo foi implementado. Em adição, Helena Mourão considerou necessária a criação de uma área possível de ser trancada com uma chave, para o armazenamento das amostras geológicas no interior próprio móvel, que permitisse o acesso às mesmas apenas pelos colaboradores do Museu autorizados. Esta medida foi pensada com o objetivo de minimizar a ocorrências de estragos ou até mesmo a eliminação do acervo quando a interface não estivesse em utilização, localizando-se esta zona sob a prateleira que serve de suporte aos LEDs, assinalada com a letra “A” na Figura 31. Como resultado da reunião, foi ainda delimitado o espaço onde o protótipo poderia ser colocado para a avaliação, tendo-se concluído que seria no 1º andar do MMM – Museu das Minas – junto ao Inventário Mineral, onde se encontra o acervo principal do Museu.

Outra das adições foi motivada por Gledson Ferreira, responsável de museografia, no sentido de garantir a estabilidade da estrutura. Na imagem central da Figura 31 apresenta-se um corte lateral do móvel, indicando a letra “B” uma cavidade localizada na base, preenchida com areia. A criação desta zona está diretamente ligada a questões de segurança, sobretudo para o caso de visitantes mais jovens, como as crianças, que tendem a apoiar-se nas atrações. Na mesma figura, a letra “C” indica a prateleira onde o computador estava presente e a “D”, aquela onde o projetor assentava. Refere-se para esta última que foi pensado um sistema que permitisse o seu deslizamento e remoção, podendo ser posicionada em diversas alturas, aproximando-se da zona indicada com a letra “A”. Esta característica permitiu assegurar que, dependendo do ângulo de projeção, a altura de apresentação da mesma poderia ser variável.

Relativamente à preocupação em manter a identidade do espaço expositivo, para além das dimensões, projetadas em conformidade com o mobiliário presente no Museu, a cor do móvel foi alterada para branco, semelhante à da atração Chão de Estelas, por ter sido decidido que a inclusão do protótipo no espaço museológico seria junto à mesma. Assim, a peça de mobiliário final foi construída com 85 cm de altura, 60 cm de largura e 45 cm de profundidade. No projeto do detalhe técnico elaborado pela *designer* Daniela Matos e apresentado no Anexo C, é possível conhecer o plano final da estrutura de apoio ao protótipo.

No dia 2 de maio de 2014, os detalhes técnicos foram entregues a Alaôr Amaral de Moraes, colaborador do MM Gerdau, que se responsabilizou pela execução e acabamentos da peça de mobiliário. No dia 9 de maio de 2014 os materiais da estrutura foram disponibilizados, sendo que o tampo foi elaborado em acrílico mate, ao invés de vidro. Esta alteração deveu-se à consideração de que o acrílico apresenta uma resistência elástica superior à do vidro, e dado que o acervo disponibilizado para o estudo eram amostras geológicas, em caso de quebra da superfície, o perigo dos visitantes sofrerem danos nas mãos seria menor. Desta feita, a película a colar sobre o campo desenhada previamente foi descartada, tendo-se optado por realizar colagens – com fita-cola negra – que demarcassem os limites de cada um dos elementos do acervo. Assim, aquando da incidência da luz, de baixo para cima, as quatro sombras do contorno das amostras apareciam visíveis. Para a proteção dos sensores de força resistivos, Alaôr de Moraes forneceu ao investigador um plástico isolante não escorregadio que foi cortado e colocado sobre os mesmos. Assim, garantiu-se que a deteção do peso das amostras era realizada e que estas não deslizavam sobre a superfície, nem danificavam os sensores.

O móvel foi finalizado no dia 19 de maio de 2014, encontrando-se fotografias do mesmo na Figura 32.



Figura 32 – Estrutura finalizada: vista de frente, vista lateral com pormenor da prateleira deslizante e vista traseira.

Na imagem mais à esquerda apresenta-se a estrutura vista de frente. Na central, a visão lateral traseira do móvel, na qual a prateleira deslizante se encontra puxada para fora. É possível observar também a área concebida para o armazenamento dos elementos do acervo, quando estes não estivessem em utilização. Esta incluiu um puxador e duas chaves, para garantir que apenas quem as tiver consegue aceder ao seu interior. Em relação à imagem mais à direita, as quatro amostras geológicas encontram-se dispostas sobre a superfície da estrutura; repare-se nos

quatro compartimentos sob cada um dos elementos do acervo, onde foram realizadas as ligações elétricas relativas à iluminação das áreas correspondentes às peças geológicas.

#### **3.7.4. MOBILIZAÇÃO DE VOLUNTÁRIOS PARA A GRAVAÇÃO DAS LOCUÇÕES**

Com o objetivo de tornar o protótipo acessível a pessoas invisuais, considerou-se a inclusão de som, que seria ativado de acordo com a interação efetuada pelo utilizador. Esta secção documenta os aspetos principais ligados à mobilização de voluntários para a gravação dos conteúdos sonoros, bem como os principais momentos envolvidos até à sua produção.

De forma a chegar aos possíveis locutores, procedeu-se à elaboração de um cartaz para a mobilização de elementos interessados em participar no estudo, oferecendo o estágio voluntário “Sua Voz no Museu”, certificado pelo GRAFT – Grupo de Referência em Gestão de Projetos, Arquitetura Efêmera e Tecnologia de Museus – da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Após a elaboração do cartaz, onde constaram a descrição dos objetivos pretendidos, o público-alvo e orientações relativas à inscrição para a sessão de audições e seleção de um dos candidatos, procedeu-se à sua divulgação no dia 24 de março de 2014. Esta ação, auxiliada pela professora Ana Veiga, envolveu duas etapas:

- i) envio do cartaz via *e-mail* para os responsáveis pelo Colegiado de Teatro da UFMG, para a chefia do departamento de Tecnologia da Escola de Arquitetura da UFMG, para os pesquisadores do GRAFT e para antigos alunos de programas educacionais, solicitando a participação e a divulgação do estágio;
- ii) afixação de cartazes impressos na Escola de Arquitetura (5 cartazes), no departamento de Belas Artes (4 cartazes), na Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas – FAFICH (3 cartazes), na Escola de Ciência da Informação (4 cartazes) e no corredor principal que conduz à cantina do bloco principal do campus da UFMG, junto à Escola de Engenharia (2 cartazes). Para esta etapa, o investigador contou com o auxílio de Raquel Augustin.

De forma a tornar possível a inscrição dos candidatos e esclarecer todas as questões que foram surgindo, foi criado um endereço de correio eletrónico exclusivamente para esse efeito. Entre os dias 24 e 30 de março de 2014, recebeu-se o contacto de 25 pessoas, entre as quais, 17 confirmaram a sua inscrição (13 do sexo feminino e 4 do sexo masculino). Após a definição do horário em que os voluntários estariam presentes – entre as 16h e as 20:30h – foi enviado o texto-modelo a ser lido no dia da seleção, com informações relativas ao mineral água-marinha.

No dia 31 de março de 2014 foi realizada a gravação do texto que havia sido enviado previamente aos voluntários, numa sala do departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, na Escola de Arquitetura da UFMG. Dos 17 elementos que realizaram a inscrição, 13 estiveram presentes (9 do sexo feminino e 4 do sexo masculino), tendo-se registado uma taxa de presenças de aproximadamente 76.5%. Não obstante, duas voluntárias sem pré-inscrição compareceram no local da seleção, tendo-se concretizado, no total, 15 gravações. Assim, o balanço final do número

de candidatos que compareceram na seleção em relação ao número de inscritos foi de aproximadamente 88.2%.

A seleção final do voluntário a participar no projeto decorreu no dia 7 de abril de 2014, aquando da reunião para aprovação do trabalho desenvolvido e continuação das atividades. Durante a mesma, estiveram presentes a Diretora Helena Mourão, a responsável pela curadoria de geociências, Márcia Guimarães e o investigador. Entre outros assuntos, foram apresentados para aprovação a síntese do trabalho decorrido e os resultados conseguidos até ao momento, o projeto pré-final da estrutura de apoio ao protótipo (desenvolvido em parceria com a *designer* Daniela Matos) e as gravações efetuadas no dia 31 de março de 2014, junto dos voluntários. No que ao trabalho desenvolvido até à data da reunião concerne, foram dadas a conhecer as etapas do estudo concluídas e as que se seguiriam, o modelo de interação esperado de vir a ser implementado, as funcionalidades previstas para o sistema e três exemplos gerais do *design* gráfico para a apresentação dos conteúdos projetados (referentes à comunicação visual a utilizar). Por sua vez, as quinze vozes dos narradores voluntários foram reproduzidas, tendo-se decidido, por unanimidade, que seria solicitada a colaboração de Soraia Vasconcelos para a gravação das locuções de áudio a incluir no protótipo.

Posto isto, decorreu no dia 22 de abril de 2014 um encontro no MM Gerdau com Soraia Vasconcelos, durante o qual foram apresentadas as quatro amostras geológicas, o modelo de interação adotado para o protótipo e o espaço museológico delimitado para a sua avaliação. Foram também entregues os dez textos elaborados por Márcia Guimarães, complementados por Leonardo Miranda e revistos por Paola Oliveira, que se encontram no Anexo D.

Para a gravação das dez locuções, em língua brasileira, Ana Veiga entrou em contacto com os estúdios da Rádio UFMG Educativa, localizados no rés-do-chão da biblioteca central do *campus* universitário, no sentido de agendar um horário. Assim, no dia 29 de abril de 2014, contou-se com a colaboração de Gilberto Correia para a produção do áudio, tendo ficado a edição do mesmo a cargo do investigador.

### **3.7.5. ARQUITETURA DE SISTEMA IMPLEMENTADA**

Com o objetivo de concretizar o modelo de interação anteriormente apresentado, e, após o estudo de viabilidade técnica, a fase que se seguiu foi a de implementar a interface como um todo. Na Figura 33 apresenta-se o esquema da arquitetura de sistema completo.

No módulo correspondente à “interface do utilizador” – *user interface*, em inglês – foram dispostos os quatro sensores de força resistivos – FSR – ligados a portas analógicas do “microcontrolador”, responsáveis por detetar se as amostras geológicas estavam ou não a ser utilizadas pelos visitantes; refere-se que estas se encontravam dispostas sobre cada um dos sensores correspondentes. A condição adotada para essa diferenciação consistiu em considerar que quando o sensor comunicasse um valor abaixo de um limite estabelecido, previamente testado, isso indicaria que o utilizador estaria a manusear pelo menos uma das peças do acervo.

Se o contrário fosse verificado, então, o elemento geológico relativo ao FSR estaria em repouso. Mais à frente, aquando da apresentação do *software* utilizado, este assunto será tratado para explicitar algumas das linhas de código envolvidas nesta deteção.

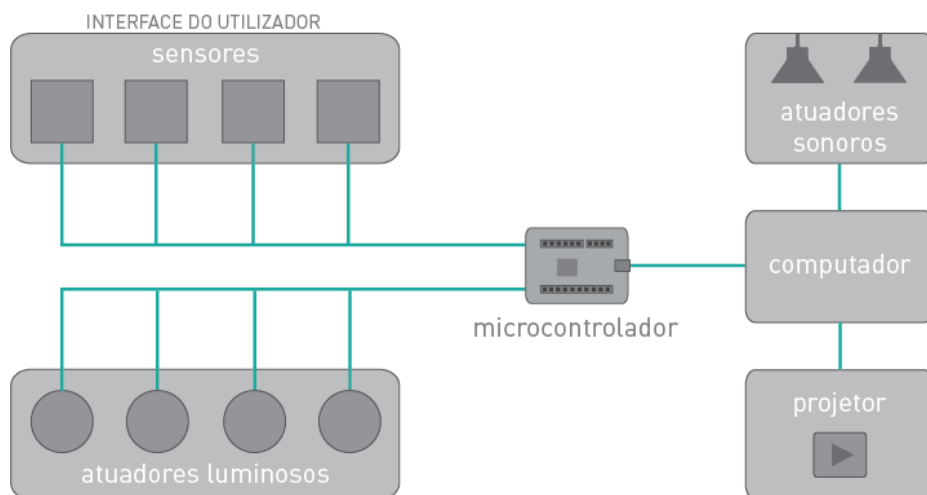


Figura 33 – Esquema da arquitetura de sistema implementada.

Como meio de proporcionar *feedback* aos visitantes acerca da ação executada, e de forma a facilitar a devolução das peças às posições corretas, foram utilizados quatro LEDs, três deles capazes de sintetizar cores resultantes da mistura RGB. Estes encontram-se no esquema da arquitetura de sistema identificados como “atuadores luminosos”. Nesta fase, faz-se alusão a que cada um dos LEDs apresenta uma cor semelhante à da amostra do MM Gerdau que pretende identificar, sendo que quando as quatro se encontram em repouso, nas posições originais, todos eles iluminam as áreas particulares com a cor branca – soma de todas as cores. Tal como se pode observar na Figura 33, os atuadores luminosos encontram-se conectados a portas de saídas do microcontrolador, definidas para escreverem dados analógicos ou digitais, consoante as situações; esta decisão será abordada no ponto seguinte. Com o intuito de dar a conhecer em pormenor as ligações efetuadas entre os componentes eletrónicos e as portas do microcontrolador Arduino Leonardo, inclui-se no Anexo B o esboço do circuito elétrico considerado para o protótipo funcional. Este diz respeito aos blocos e uniões que na Figura 33 se apresentam à esquerda do microcontrolador.

Até agora percebeu-se que o “microcontrolador” permite estabelecer uma ponte entre o mundo real e o mundo virtual, recolhendo dados provenientes do primeiro e sendo responsável pela interpretação de informações que permitem causar alterações no mesmo, neste caso concreto, a nível visual e sonoro. Não obstante, o *software* que se encontra a correr no “computador”, de que será tratado em seguida, tem a função de converter esses sinais e, de acordo com os mesmos, tomar decisões previamente estabelecidas. Assim, torna-se necessário garantir que o “microcontrolador” e o “computador” trocam dados entre si, a qualquer momento, estando esta permuta a cargo da comunicação série estabelecida entre ambos, via ligação USB – *Universal Serial Bus* (Arduino, n.d.-b). De forma a apresentar os conteúdos gráficos correspondentes a uma amostra geológica individual ou à comparação entre duas, recorreu-se a um projetor, ligado ao

computador. De acordo com o que estiver a ser transmitido pelos sensores de força resistivos, a imagem apresentada varia com a situação. Por outro lado, os “atuadores sonoros” correspondem às duas colunas conectadas com o computador, tendo a função de tornar audíveis as locuções acerca de cada um dos elementos do acervo.

No ponto que se segue são abordados os aspetos ligados ao *software* utilizado para a implementação do protótipo, bem como apresentadas e explicadas algumas linhas de código responsáveis pela tomada de decisões e acontecimentos específicos.

### 3.7.6. SOFTWARE PARA A IMPLEMENTAÇÃO

Para a implementação do resultado do estudo foram utilizados dois programas de licença de gratuita: Arduino IDE<sup>53</sup> – *Integrated Development Environment* – e Processing<sup>54</sup>. Em relação ao primeiro, a versão de que se fez uso foi a 1.0.1 para a programação dos comandos responsáveis pelo controlo dos quatro sensores de força resistivos, acender e apagar os quatro LEDs, e para comunicar ao outro *software*, através da porta série, as informações resultantes dos processos de decisão. Para além da escrita do código, este facilita a compilação e o seu *upload* diretamente para o microcontrolador utilizado no projeto – Arduino Leonardo. Por sua vez, o código editado no Processing, que corre diretamente no computador, visa proceder à leitura dos dados recebidos pela linha de comandos da comunicação série, e, de acordo com os mesmos, levar à apresentação dos conteúdos visuais e sonoros previamente produzidos. A versão utilizada deste programa foi a 1.5.1. Refere-se ainda que a taxa definida para a comunicação entre o microcontrolador e o computador foi de 28800 *bits* por segundo.

Aquando da leitura dos FSRs, de acordo com o valor que estivesse a ser lido, o programa a correr permitia detetar o número de amostras que estavam a ser manuseados pelos utilizadores e quais, sendo que se optou pela codificação dessas informações em caracteres do abecedário. De referir que os valores para definir se o elemento geológico associado a um sensor específico estaria ou não em utilização, resultaram de testes efetuados aquando das sessões de trabalho individuais e em colaborações referidos anteriormente. A janela que a seguir se apresenta, mostra um trecho da sequência envolvida na descodificação da utilização da amostra geológica de madeira fossilizada e o carater que é impresso na área de comunicação série, letra “A” para este caso.

```
(...)  
sensor0=analogRead(A0); sensor1=analogRead(A1);  
sensor2=analogRead(A2); sensor3=analogRead(A3);  
(...)  
if(sensor0<50 && sensor1>=150 && sensor2>=150 && sensor3>=150)  
{  
  Serial.println("A");  
  (...)  
}
```

<sup>53</sup> <http://arduino.cc/en/main/software#toc1>

<sup>54</sup> <http://www.processing.org/>

Olhando para a mesma, conclui-se que a peça do acervo em questão está a ser manuseada pelo visitante se o ser valor for inferior a 50; caso seja igual ou superior a 150, assume-se que o objeto está pousado sobre o sensor, na interface. Para os restantes três exemplares, foi seguida a analogia, alterando apenas os intervalos de deteção, de acordo com os sensores.

A nível do *feedback*, havia-se concluído aquando da apresentação do modelo de interação que seria esperada uma resposta visual de cada vez que o utilizador exercesse uma ação. Para tal, recorreu-se a quatro LEDs, três RGB e um normal. De cada vez que um sensor não deteta peso, assume-se que foi pegado um elemento em exposição, iluminando-se a área correspondente. Por outro lado, sempre que se verifica a devolução de uma peça à interface, a zona associada apaga-se. O código que se apresenta em seguida pretende ilustrar esta situação para a amostra madeira fossilizada.

```
if(sensor0<50 && sensor1>=150 && sensor2>=150 && sensor3>=150)
{
    (...)
    acender_madeira();
    luz_madeira=true; //luz acesa
    delay(800);
}

if(sensor0>=150) //pousado - apagar led
{
    digitalWrite(3,LOW); digitalWrite(5,LOW); digitalWrite(4,LOW);
    luz_madeira=false; //luz apagada
}
```

Olhando para as linhas acima, após a identificação do FSR que não deteta força, é chamada a função que permite acender o LED associado ao elemento material. A partir desse momento, a luz é identificada como estando ligada, aspeto necessário quando se verifica a manipulação de duas amostras. Em oposição, quando o sensor de força resistivo reconhece um valor igual ou maior a 150, assume-se que ocorreu uma devolução, sendo processado o comando que atribui o valor digital mais baixo às portas do microcontrolador às quais o LED se encontra ligado. Informa-se também que foi tida em consideração a forma como a luz se apresenta ao visitante, apesar de não se transcrever essa sequência; a zona em questão vai sendo iluminada progressivamente até atingir o estado pretendido, mantendo-se com os mesmos valores enquanto não se constatar uma ação contrária. Para tal, a escrita de valores foi declarada como analógica – função *analogWrite()* do compilador.

Para o estado em que dois objetos estão a ser manejados em simultâneo, apresenta-se parte dos comandos na janela abaixo – situação da madeira fossilizada e da água marinha. Aponta-se apenas que se tiver sido detetada que está acesa a luz da área sobre a qual um dos exemplares se encontra, quando “luz\_madeira” ou “luz\_agua” assumem o valor *true*, são chamadas as funções que levam à atuação do LED oposto.



```

if(sensor0<50 && sensor1<50 && sensor2>=150 && sensor3>=150)
{
    (...)
    if(luz_madeira==true) //está acesa - acender só água marinha
        acender_agua();

    if(luz_agua==true) //está acesa - acender só a madeira
        acender_madeira();
    (...)
}

```

Em relação à utilização do *software* Arduino IDE, refere-se, por fim, que quando todos os sensores detetam uma força igual ou superior a 150, o código executado é o que regula a luminosidade de todos os LEDs para apresentarem a cor branca, escrevendo o maior valor digital nas saídas correspondentes.

O Processing, por outro lado, foi utilizado para a apresentação dos conteúdos, de acordo com o que estiver a ser lido da porta série. Para assegurar que a leitura ocorre, utilizou-se a biblioteca *serial* do programa. Uma vez que as informações geradas se revelam na forma de imagens com texto e som, foi necessário recorrer às bibliotecas *fullscreen* e *minim*, respetivamente para o controlo do modo como são apresentadas as reproduções visuais e sonoras. Com a primeira, assegurou-se que o ecrã estava completo com a imagem, e, com a segunda, que as locuções eram reveladas com efeitos de surgimento e desaparecimento graduais, de forma a tornar mais agradável o contacto com estas. O controlo do *fade in*, aquando do despoletar do novo som, e do *fade out*, para o fazer silenciar foi feito recorrendo às funções *shiftGain*, *rewind* e *play* disponibilizadas pela biblioteca *minim*.

Assim sendo, identificaram-se três situações distintas: quando o visitante manipula uma amostra geológica, duas ou quando pega em três ou quatro. Para o primeiro caso, o código implementado recorrendo ao Arduino IDE é responsável por acender e apagar o LED que ilumina a área correspondente, o que também se verifica para a situação em que dois elementos se encontram em utilização, ao passo que no Processing são controladas as imagens a apresentar, bem como as locuções respetivas. Não obstante, optou-se por informar o utilizador de que apenas dois objetos podem ser manipulados em simultâneo. Esta mensagem é projetada sempre que o número de unidades que não se encontram sobre a interface é superior a dois. Adicionalmente, após a deteção da manipulação de três objetos do acervo, o *feedback* luminoso do novo elemento em utilização não é fornecido, com o intuito de informar que essa ação não conduz a nenhuma comparação.

A título de conclusão desta secção aponta-se que a edição dos conteúdos sonoros foi realizada recorrendo ao *software* Sony Vegas, versão 7.0. Em seguida, será apresentado o processo decorrido desde a mobilização de voluntários até à efetivação da produção dos conteúdos sonoros.

### 3.7.7. PROTÓTIPO EM FUNCIONAMENTO

Realizado o estudo que conduziu à implementação do projeto, esta secção dedica-se à exploração do protótipo em funcionamento. Tal como visto anteriormente, a estrutura da interface foi elaborada em parceria com a *designer* Daniela Matos e concretizada por Alaôr de Moraes, responsável pelo departamento de marcenaria do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal.

Relativamente aos equipamentos e materiais utilizados, recorreu-se a um microcontrolador Arduino Leonardo, a quatro LEDs – sendo três deles RGB – a quatro sensores de força resistivos, a resistências e a fios elétricos para garantir a ligação e o funcionamento correto dos elementos, a um computador para correr o programa e fornecer alimentação ao microcontrolador, a duas colunas de som para facultar a audição dos conteúdos sonoros e a um projetor – modelo CP-A100 da Hitachi Digital – para a visualização dos elementos gráficos. Relativamente ao aparelho de projeção que o MM Gerdau disponibilizaria para a comunicação das informações visuais, decorreu um encontro com Gledson Ferreira de Assis numa fase inicial do estudo, no dia 18 de março de 2014. O técnico de audiovisual e responsável pela museografia do Museu deu a conhecer dois modelos distintos, cuja principal diferença assentava na distância de disposição do elemento em relação à área de apresentação dos conteúdos. De forma a aproveitar o espaço onde o protótipo seria implementado, optou-se pela escolha do projetor de curta distância, devendo este ficar posicionado a cerca de 70 centímetros em relação à zona de projeção, para se garantir uma boa visibilidade. Várias outras reuniões foram realizadas no sentido de garantir as dimensões corretas das imagens, teste de contraste das cores e luminosidade, entre outros aspetos mais técnicos, tais como a produção de calor realizada pelo projetor – estas considerações foram tomadas em atenção aquando da elaboração do móvel de apoio ao protótipo. Aponta-se, por fim, que uma série de contratemplos alheios ao Museu surgiram em relação à disponibilização do projetor, tendo o mesmo sido entregue ao investigador para a fase de avaliação do projeto no dia 26 de maio de 2014.

Na Figura 34 apresentam-se três fotografias da inclusão do protótipo no espaço museológico do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal.

Na imagem mais à esquerda é possível observar a instalação como um todo, onde as quatro amostras se encontram dispostas na superfície do móvel e o ecrã gráfico inicial se apresenta projetado. Na imagem central da Figura 34, é facultada a visão das quatro peças do acervo, assentes nos sensores de força resistivos e delimitadas por contornos que não permitem ser atravessados pela luz. O tampo do mobiliário encontra-se iluminado com luz branca, e, ao fundo vê-se projetada a mensagem inicial de convite à interação, “Escolha uma amostra”. Por fim, a fotografia mais à direita da Figura 34 revela a presença do projetor, atrás do móvel, onde é possível visualizar as quatro divisões relativas à iluminação individual de cada exemplar do acervo, e, abaixo destas, o compartimento onde o microcontroladores e as ligações elétricas estão alojados, utilizado também para salvaguardar as amostras, sempre que a interface estiver desativada. Refere-se, que, apesar de não ser visível, o computador encontra-se dentro da estrutura do móvel, atrás do projetor, bem como as duas colunas de som.



Figura 34 – Imagens da instalação do protótipo no MM Gerdaú – Museu das Minas e do Metal.

Em relação às respostas que o protótipo apresenta aquando da interação de um visitante com as amostras geológicas, detalham-se os acontecimentos verificados para cada possibilidade:

- i) No estado inicial está projetada a imagem do ecrã com as quatro amostras geológicas dispostas na interface – ver Anexo E. De forma a evitar o ruído dentro do espaço museológico, nesta situação nenhum som é audível. Toda a superfície do móvel encontra-se iluminada com luz branca.
- ii) Aquando da interação com um elemento do acervo (madeira fossilizada, água-marinha, muscovita ou sílex), a área do móvel que lhe corresponde ilumina-se com a cor previamente definida, semelhante à apresentada pela peça. A projeção revela a informação que lhe está associada – imagens disponíveis no Anexo E – ouvindo-se, em simultâneo a locução, que surge com um efeito de *fade in*, proveniente das colunas de som que se encontram dentro do móvel.
- iii) Se o manuseamento acontecer para o caso de duas amostras, verificam-se duas situações:
  - a. Se uma já estiver a ser utilizada, a área correspondente ao exemplar que o visitante tem em mãos já está iluminada e a pessoa está a assistir aos conteúdos gráficos – presentes no Anexo E – e audíveis. Ao pegar noutra, é dado um *feedback* luminoso relativo à ação e a projeção é a de comparação entre ambas, sendo que a nova locução surge com o desaparecimento da anterior, levando cerca de dois segundos para esta mudança ocorrer. Se alguma peça do acervo for devolvida, verifica-se que a luz que lhe está associada se apaga – apontando para o fim de interação com esta – e quando outro elemento for pegado, é fornecido um novo *feedback* visual. As locuções e informações gráficas vão alternando, de acordo com a situação.
  - b. Se forem pegadas simultaneamente duas amostras até então em repouso na interface, a projeção e a locução a que se assiste é a de comparação entre ambas, apresentando-se iluminadas apenas as áreas do tampo do móvel correspondentes.
- iv) Relativamente ao fim de interação, assinalam-se dois cenários:
  - a. Pousar apenas uma amostra: com duas amostras nas mãos, se alguma delas for devolvida, apaga-se a luz correspondente. De acordo com o tempo que a pessoa demorar para pegar noutra amostra, a informação revelada é a que corresponde ao mineral em manipulação. Quando voltar a pegar noutra, acende-se aquela zona,

verificando-se duas áreas do móvel iluminadas. Os conteúdos projetados e sonoros vão alternando, de acordo com a situação.

- b. Pousar ambas as amostras: as áreas correspondentes apagam-se e os quatro LEDs assumem a cor branca. Não se ouve nenhum som. A imagem projetada é a inicial, com a representação dos quatro elementos do acervo.
- v) Se a interação se verificar para mais do que duas amostras ao mesmo tempo: o som desaparece gradualmente, não sendo fornecida luminosidade à área correspondente ao excesso, com o intuito de indicar que a comparação entre três ou quatro amostras não está disponível. Assim, apenas duas áreas estão iluminadas. É projetada a mensagem “Só duas amostras podem ser comparadas ao mesmo tempo” – imagem no Anexo E. No entanto, a partir do momento em que o utilizador devolve as amostras em excesso, acendem-se as luzes das novas áreas respetivas, ou, caso já estejam acesas, mantêm-se assim. Refere-se que a implementação deste aviso ganhou consistência aquando do acompanhamento da visita de uma escola de Belo Horizonte ao Museu, durante a qual se constatou uma tendência para o compartilhamento do mesmo espaço interativo em diversas atrações, ainda que a previsão fosse a de utilização singular.

Quanto à duração das locuções às quais Soraia Vasconcelos – jornalista, escritora e estudante de museologia – dá voz, aponta-se que a duração média dos conteúdos relativos a cada elemento do acervo é de 1 minuto e 15 segundos, sendo que o mais curto tem 1 minuto e 4 segundos e o mais longo 1 minuto e 21 segundos. Relativamente à comparação entre duas amostras geológicas, o tempo médio de apresentação dos conteúdos sonoros é de 1 minuto e 36 segundos. Para este caso, a locução mais curta demora 1 minuto e 31 segundos e a mais longa 1 minuto e 44 segundos.

O protótipo foi colocado em funcionamento no espaço museológico reservado para o efeito no dia 27 de maio de 2014. Na secção seguinte vai apresentar-se a avaliação por parte dos participantes.

## IV. AVALIAÇÃO

De acordo com a metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto – *design* participativo – foram realizadas várias sessões de trabalho com colaboradores do MM Gerdau ligados às áreas de geologia, museologia, museografia e educação, com profissionais das áreas de *design* de produto, *design* gráfico e ciências da comunicação, com potenciais utilizadores e responsáveis pela curadoria. Os resultados alcançados com as sessões de trabalho foram descritos ao longo da presente dissertação, contemplando-se nos Anexos A a E detalhes adicionais. Posto isto, o passo seguinte foi o de avaliar o resultado final do estudo.

Preece et al. (2002) definem a avaliação como um processo de recolha de dados, com a finalidade de caracterizar e conquistar avanços na compreensão da forma como a interação estabelecida com o produto (desenvolvido ou em processo de estruturação) é vista por um utilizador ou por um grupo de utilizadores, de acordo com a amostra envolvida no estudo. Os autores identificam que a necessidade da avaliação tem origem na demanda por respostas acerca da utilização que os indivíduos fazem do produto e apurar se o acharam ou não agradável. Adicionalmente pode ser direcionada para o entendimento das dificuldades das tarefas desempenhadas pelos utilizadores, para observar, medir e analisar a *performance* dos sujeitos e para criar novos ajustes de interação. De acordo com Shaer e Hornecker (2009) não existem métodos de avaliação desenvolvidos especificamente para as *tangible user interfaces*, sendo que a recolha de dados quantitativos, realizada através de estudos comparativos ou de avaliações heurísticas, e a observação direta da interação dos utilizadores com o sistema – dados qualitativos – se apresentam como soluções possíveis para conseguir alcançar conclusões específicas. Tomando esta reflexão como ponto de partida para a avaliação do protótipo desenvolvido, a mesma será explicada ao longo da presente secção.

### 4.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Para a avaliação do protótipo junto da amostra de utilizadores, a Diretora do MM Gerdau – Helena Mourão – autorizou a inclusão do protótipo no espaço museológico. Com base nisto, a metodologia adotada para a avaliação foi a *field trial* ou avaliação in-situ.

De acordo com Ferraz e Almeida (2013), a metodologia de avaliação no terreno contempla a integração do produto desenvolvido no contexto real de utilização, apresentando as vantagens de ser mais natural e menos invasivo para os utilizadores, proporcionando a libertação dos constrangimentos que se verificam no laboratório. Em oposição, permite um menor controlo e é mais difícil de implementar. Por sua vez, Preece et al. (2002) determinam que os estudos de campo decorrem no espaço natural de inclusão do sistema, com o fim de aumentar a compreensão daquilo que os utilizadores executam no ambiente ideal, para além de que permitem tomar contacto com o impacto que o sistema causa neles. Neste processo de avaliação, três fases estão envolvidas: na primeira definem-se os objetivos, angariam-se os utilizadores, caracteriza-se a amostra e definem-se os instrumentos de recolha de dados. Na segunda fase

pretende-se garantir que os participantes cumprem com as atividades desejadas, bem como monitorizar a sua utilização. Por fim, na terceira fase, é efetuada a recolha final dos dados (Ferraz & Almeida, 2013).

#### **4.1.1. DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DA AVALIAÇÃO E AMOSTRA PARA O ESTUDO**

Em relação aos objetivos da avaliação, pretendeu-se tomar conhecimento acerca da experiência de utilização e de aspetos hedónicos e pragmáticos da interação com as quatro amostras geológicas. Assim, tentou-se compreender se o uso da interface para travar contacto com os temas ligados aos elementos do acervo disponibilizados foi agradável ou não, perceber considerações respeitantes à complexidade da interação necessária para assistir aos conteúdos, e se remeteu os utilizadores para uma experiência isolada ou se contribuiu a partilha de informações no espaço museológico. Por outro lado, pretendeu-se concluir se os participantes consideraram o número de peças disponibilizadas satisfatório e se as informações apresentadas foram interessantes e relevantes. Delimitados os contornos da avaliação, o passo seguinte foi o da angariação de participantes para o estudo. Para tal, tornou-se necessário definir um número de elementos para a amostra a considerar.

De acordo com Hwang e Salvendy (2010), não existe um consenso em relação à quantidade de utilizadores que devem avaliar um sistema. Os autores apontam três métodos utilizados para a avaliação da usabilidade: *think aloud* (TA), *heuristic evaluation* (HE) e *cognitive walkthrough* (CW). O primeiro refere-se aos comentários verbais que os utilizadores fazem à medida que tomam contacto com o produto, permitindo uma boa recolha de dados qualitativos, sendo que Virzi (1992) aponta que cerca de 80% dos problemas de usabilidade são detetados por apenas quatro ou cinco participantes. A avaliação heurística (HE), por sua vez, é um método de inspeção de baixo custo, rápido e fácil de usar, que envolve um número pequeno de indivíduos para descobrir problemas de usabilidade. Nielsen e Molich (1990) referem que cinco indivíduos são necessários para revelar cerca de 75% dos problemas de usabilidade. Já o método CW – *cognitive walkthrough* – baseia-se na avaliação de cada passo necessário para conseguir realizar uma ação, permitindo conhecer problemas de usabilidade que interferem com a aprendizagem. Contudo, Hwang e Salvendy (2010), através da análise de diversos trabalhos, generalizam que o número mais benéfico de avaliadores está compreendido entre 8 e 12 (regra  $10 \pm 2$ ), e que este é pode ser adotado para diversas situações de avaliação, incluindo as mais básicas. Tomando em consideração o trabalho destes autores, definiu-se que o número ideal para a amostra seria de 10 elementos.

Dado que a componente do tacto para a interação foi assumida desde o início do trabalho, e que com a mesma se pretendeu possibilitar aos participantes com deficiência visual um novo olhar sobre o acervo geológico disponibilizado para o projeto, no dia 7 de maio de 2014 decorreu uma reunião com a Diretora Helena Mourão. Para além de terem sido discutidos os pontos-chave que se pretenderam avaliar relativamente à interação com a interface, o conteúdo da conversa evoluiu no sentido de tentar levar ao MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal participantes invisuais para avaliarem o protótipo. A Diretora autorizou a realização dos testes no espaço

expositivo do Museu, recrutando um monitor do MM Gerdau no sentido de acompanhar o investigador e esclarecer eventuais dúvidas colocadas pelos participantes no estudo, acerca das amostras geológicas dispostas na interface. Concluiu-se também a importância da participação de pessoas com deficiência visual, com o objetivo de perceber o que julgam da interação com o protótipo e para identificarem melhorias no sistema, de acordo com as necessidades que considerem relevantes.

Posto isto, no dia 13 de maio de 2014 o investigador acompanhou Sandro Monteiro numa visita à Biblioteca Pública Estadual Luiz de Bessa, durante a qual se falou com a coordenadora do setor de Braille, Cleide Fernandes, com o intuito de conseguir a colaboração de indivíduos com deficiência visual para a avaliação do protótipo. No dia 16 de maio de 2014 o investigador esteve na Biblioteca Estadual Luiz de Bessa, onde apresentou verbalmente o projeto em estudo, tendo conversado com quatro pessoas pertencentes ao grupo de estudo de Braille, de forma a perceber a receptividade da participação desses potenciais avaliadores no estudo. Entre os quatro presentes, três aceitaram participar na avaliação do protótipo, no dia 23 de maio de 2014. Chegado o dia 23 de maio de 2014, os três participantes não compareceram à avaliação, por motivos pessoais. Neste sentido, Cleide Fernandes, entrou em contacto com dois voluntários invisuais no dia 26 de maio de 2014, sendo que um deles aceitou participar na avaliação. Posteriormente, o investigador entrou em contacto com outro participante não visual, que se dispôs a interagir com o protótipo e a efetuar a sua avaliação.

Com tudo o que acima foi mencionado, definiu-se que a amostra para o estudo seria composta por dois grupos de participantes: visuais e invisuais. Devido a esta divisão, os participantes com deficiência visual foram contactados previamente, ao passo que os outros elementos da população aos quais o protótipo se dirige – visitantes que se encontravam no Museu aquando da fase de avaliação – foram convidados a interagir com o protótipo no próprio espaço museológico. Não obstante o que se havia definido com base no trabalho de Hwang e Salvendy (2010), refere-se que o número de avaliadores invisuais foi de apenas 3 pessoas, devido às dificuldades encontradas ao longo do processo de angariação destes participantes. Contudo, considerando a afluência de visitantes – com saúde visual – ao MM Gerdau, foram realizadas avaliações com 20 elementos do público.

#### **4.1.2. TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO E INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS**

Entre as técnicas de avaliação, a observação dos utilizadores – *observing users* – pretende identificar necessidades específicas dos participantes, podendo os dados, qualitativos, serem recolhidos através de notas escritas, áudio e vídeo, tentando que os indivíduos não se sintam pressionados nem em processo de análise. A técnica de colocar questões aos utilizadores – *asking users* – aplica-se no sentido de estudar aquilo que os avaliadores pensam do produto, quer em relação à eficiência da interação, quer no que diz respeito às emoções provocadas, e também para conhecer quais os problemas com que se depararam e se voltariam a fazer uso do produto no futuro, entre outros detalhes. Para a recolha destes dados, as entrevistas e os inquéritos por questionário são apontados como as técnicas primordiais, podendo as questões ser estruturadas

ou de resposta aberta; ao passo que os questionários são administrados para recolher opiniões específicas, as entrevistas podem ser conduzidas com o fim de conseguir informações mais detalhadas. Por sua vez, ao questionar peritos na área de atuação – *asking experts* – a recolha de dados para a identificação de falhas é normalmente guiada por heurísticas, por serem instrumentos de aplicação rápidos e sem muitos custos associados, em oposição ao que se verifica para o caso em que avaliadores comuns estabelecem contacto com um produto, seja no laboratório, seja no local ao qual o mesmo se dirige. Já a técnica de *user testing* implica um controlo do ambiente, na medida em que se pretende que um grupo de utilizadores específicos execute tarefas bem definidas; os dados são, geralmente, recolhidos por gravação às ações executadas, no sentido de obter conclusões sobre o tempo despendido para cumprir tarefas, do número de erros realizados, entre outros. Por fim, a técnica de modelação do desempenho dos utilizadores – *modeling users' task performance* – deve ser considerada para o caso de sistemas com funcionalidades limitadas, na qual modelos são utilizados para prognosticar a eficácia de uma interface ou para comparar tempos de *performance* entre versões de desenvolvimento distintas (Preece et al., 2002).

Com base nas considerações dos autores, e dado que o objetivo de avaliação do protótipo passa pelo estudo da experiência de utilização e dos aspetos hedónicos e pragmáticos resultantes da interação com a interface, definiu-se que seriam colocadas questões aos participantes – técnica *asking users*. Tal como referido anteriormente, a amostra contemplada para a pesquisa era composta por indivíduos visualmente saudáveis e por elementos visualmente incapacitados. Deste modo, para o primeiro grupo de participantes a recolha de dados foi efetuada através da aplicação de um inquérito por questionário com respostas fechadas, após a interação – disponível no Anexo F – enquanto para os avaliadores invisuais foi elaborado um inquérito por questionário de pós-interação, lido em voz alta, igualmente com respostas fechadas e adaptadas à condição dos mesmos – disponível no Anexo G. Não obstante, considerou-se pertinente incluir uma pergunta de resposta aberta, com a intenção de tentar obter informações respeitantes a aspetos considerados imprescindíveis por este último grupo de utilizadores, para tentar melhorar a acessibilidade do protótipo.

Para a preparação dos questionários, foram debatidos com a Diretora Helena Mourão, na reunião realizada no dia 7 de maio de 2014, os objetivos e os temas em foco para a avaliação do protótipo. Posteriormente, as questões foram discutidas com Ana Veiga, tendo-se optado por agrupar as mesmas em quatro grupos distintos, de acordo com as temáticas em análise:

- I. Informações pessoais: é pedido aos inquiridos que assinalem apenas uma resposta para os campos idade, sexo e se já tinham tido ou não a oportunidade de manusear acervo em algum museu.
- II. Interação com a interface: para cada conjunto de palavras é pedido que seja assinalado o campo mais apropriado para descrever a interação com a interface e as considerações acerca da mesma.
- III. Conteúdos apresentados: quatro questões são colocadas seguindo o mesmo esquema da secção II, no qual os inquiridos devem assinalar o campo que consideram mais adequado em relação aos conteúdos a que assistiram.



IV. Amostras geológicas utilizadas: para um conjunto de perguntas é requerido que seja assinalada apenas uma resposta. O objetivo desta secção é o de permitir perceber se os utilizadores estão satisfeitos ou não com o número de amostras disponibilizadas para a interação, bem como com o número limite de manuseio de dois exemplares em simultâneo.

Algumas das perguntas abrangidas pelos questionários foram adaptadas do modelo de trabalho teórico AttrackDiff<sup>55</sup>, dado que este pretende alcançar informações que contribuam para o entendimento de como é que as qualidades pragmáticas e hedónicas de um sistema influenciam a percepção subjetiva de atratividade, assim como os comportamentos e emoções que originam. A escala de medição das opiniões utilizada foi a de 5 pontos de Likert, com intervalo de números inteiros entre 1 e 5 (Preece et al., 2002), na qual o algarismo 1 aponta para as avaliações mais negativas e o 5 para considerações mais positivas. Todavia, para respostas mais diretas foram consideradas quase sempre duas opções dicotómicas e antagónicas (sim/não). Para a validação dos questionários, foi pedido o preenchimento dos mesmos a dois peritos do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal.

#### **4.1.3. SESSÕES DE AVALIAÇÃO**

Definidos os objetivos da avaliação, a amostra a estudar, as técnicas de avaliação e os instrumentos a utilizar para a recolha dos dados, seguiu-se a fase da realização das sessões de avaliação da interface, às quais a presente secção se dedica.

As sessões de avaliação realizaram-se nos dias 27 e 28 de maio de 2014 no primeiro andar do MM Gerdau, correspondente ao Museu das Minas, no espaço museológico definido previamente para a inclusão do protótipo. A escolha do local pressupôs o cumprimento de cinco requisitos: presença de uma câmara de segurança com ângulo de visão orientado para o acervo, parede de cor clara para a visualização dos conteúdos gráficos, não interferência a nível sonoro com as diversas atrações do Museu próximas daquela área, existência de duas tomadas com voltagem de 220V e presença constante de pelo menos um monitor do Museu junto da interface.

Durante as sessões de avaliação, contou-se com a presença de 14 participantes no dia 27 de maio de 2014, entre os quais 3 eram invisuais e os restantes 11 visitantes espontâneos do Museu, sem deficiência visual. No dia 28 de maio de 2014, realizaram-se sessões de testes com 9 indivíduos que se encontravam a visitar o MM Gerdau, todos eles com capacidades visuais. De forma a organizar e a tornar mais explícitos os momentos de avaliação, vão ser considerados dois casos distintos: a amostra de participantes invisuais e visuais.

No dia 27 de maio de 2014 o investigador encontrou-se com os 3 participantes portadores de deficiência a nível visual na Biblioteca Pública Estadual Luiz de Bessa, por volta das 10:30h. Os colaboradores para o estudo foram levados desde esse local até ao edifício do MM Gerdau, onde foram convidados a conhecer o espaço museológico enquanto não estivessem a utilizar o protótipo. Refere-se que Guilherme Leão, monitor do programa Educativo, se disponibilizou a

---

<sup>55</sup> <http://attrakdiff.de/science-en.html>

apoiar e a acompanhar os participantes antes e após a realização da avaliação, no sentido de realizar visitas guiadas pelo Museu. Dado que a interação com a interface previa que apenas um visitante pudesse manusear as amostras geológicas, foi seguido o seguinte plano: em conversa informal, os três participantes foram questionados sobre a ordem pela qual gostariam de usar o sistema. Definida a escala de avaliações, Guilherme Leão seguiu com a visita pelo Museu com os dois participantes que não estavam a efetuar a avaliação. Após o término de cada sessão, o participante seguinte era convidado a utilizar o protótipo, enquanto os outros dois continuavam com a visita. Relativamente às sessões de teste, todos os objetos que os visitantes invisuais transportavam nas mãos foram colocados no chão, próximos da área de disposição da interface, de forma a garantir uma interação livre. Após isso, e já com as mãos completamente libertas, o investigador auxiliou os participantes no reconhecimento tátil do móvel, dos seus limites e da profundidade da superfície. Foram também mostradas as disposições das quatro amostras geológicas e a distância a que se encontravam entre si e em relação aos limites da peça de mobiliário – na imagem mais à esquerda da Figura 35 inclui-se uma fotografia de um desses momentos. Em seguida, foi referido que para se tomar contacto com informações relativas a um exemplar do acervo dever-se-ia pegar no mesmo. Por outro lado, para perceber as diferenças entre dois, dever-se-ia ter em mãos duas amostras. De salientar que não foi seguido nenhum plano de tarefas a executar, tendo-se optado por permitir que os visitantes tomassem as suas próprias decisões em relação ao que pretendiam conhecer, sem se impor nenhum limite de tempo. Na imagem central da Figura 35 é possível observar um visitante a fazer uso da interface. Chegado o término da interação, foi lido em voz alta o questionário com as perguntas direcionadas para os participantes invisuais – disponível no Anexo G – e registadas as respostas dadas pelos mesmos. Na Figura 35, imagem mais à direita, inclui-se uma fotografia do momento de recolha de dados junto de um participante, onde é possível ver também as outras duas visitantes invisuais e Guilherme Leão.



Figura 35 – Registo de momentos de sessões de avaliação com participantes invisuais.

Relativamente às sessões de testes realizadas por participantes não portadores de deficiência visual que visitaram espontaneamente o MM Gerda – Museu das Minas e do Metal nos dias 27 e 28 de maio de 2014, o processo seguido foi: sempre que um visitante se aproximava da interface, era explicado que o que estava a ver é o resultado final de um projeto de mestrado realizado no Museu, onde as quatro amostras geológicas expostas constituíam exemplares pertencentes à coleção do próprio MMM. Foi perguntado em todos os casos se gostariam de manusear as quatro peças com proveniência distinta de quatro localidades do Brasil, para ficarem a saber um pouco mais sobre elas. Para além disso, os visitantes foram convidados desde o início a preencher um

questionário, caso estivessem com tempo e disponibilidade para tal. Entre os 20 participantes que se disponibilizaram para avaliar o protótipo, foi explicado o seu funcionamento e referido, que, a qualquer momento, poderiam estabelecer comparações entre duas amostras, no máximo. À semelhança do que foi realizado na situação dos testes com participantes invisuais, também nestes casos não foi imposto limite de tempo nem traçado um plano com tarefas a realizar. A interação com a interface foi livre e cada visitante estabeleceu contacto com o protótipo durante o tempo que desejou. Finalizada a sua utilização, um questionário – disponível no Anexo F – foi entregue a cada participante, no sentido de obter os dados para posterior tratamento e análise. Adicionalmente, cada visitante foi informado de que, em caso de dúvida no preenchimento ou na interpretação de alguma pergunta, o investigador estaria ali para o esclarecimento de eventuais questões.

#### **4.2. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS**

Ao longo desta secção serão apresentados e discutidos os resultados obtidos aquando da fase de avaliação, durante a qual 20 visitantes espontâneos do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal se disponibilizaram a interagir com a interface, e 3 visitantes com deficiência visual, previamente contactados, avaliaram o protótipo. De forma a organizar a estrutura de apresentação das informações, são dados a conhecer os resultados obtidos pelos dois grupos para o caso das questões análogas e, posteriormente, serão tratadas individualmente aquelas que se dirigem exclusivamente aos participantes invisuais e visuais. Registe-se desde já que a amostra de participantes com deficiência visual é bastante inferior ao número de respostas obtidas junto dos visitantes espontâneos, pelo que será feita uma análise descritiva exploratória tendo por base frequências absolutas e relativas. Uma vez que o volume de dados, ou seja, a dimensão da amostra, não é muito grande, optou-se por efetuar o seu tratamento recorrendo ao *software* Microsoft Office Excel<sup>56</sup> 2007.

##### **i. CARATERIZAÇÃO DA AMOSTRA**

Em relação às informações pessoais, os participantes foram inquiridos sobre a sua idade, sexo e a responder à pergunta “Já tinha tido oportunidade de manusear acervo em algum museu?”.

O Gráfico 1 apresenta as idades dos inquiridos. Cerca de 26.08% da amostra tem entre 15 e 25 anos e a percentagem de respostas para as idades compreendidas entre 26 e 35 foi a mesma. Do grupo de indivíduos com capacidades visuais, 6 deles (30%) indicam ter entre 15 e 25 anos, ao passo que 2 participantes invisuais têm entre 26 e 35 anos e 1 tem idade compreendida no intervalo de 36 a 45.

---

<sup>56</sup> <http://office.microsoft.com/pt-pt/excel/>

Em relação às informações sobre o sexo, apresentadas no Gráfico 2, cerca de 82.6% dos indivíduos são do sexo feminino – 19 dos 23 participantes – e 4 são do sexo masculino – aproximadamente 17.4%. No grupo dos invisuais, um elemento era do sexo masculino e duas do sexo feminino, ao passo que na amostra de visitantes sem deficiência visual, 85% eram do sexo feminino – 16 elementos – e 15% do sexo masculino – 3 indivíduos.

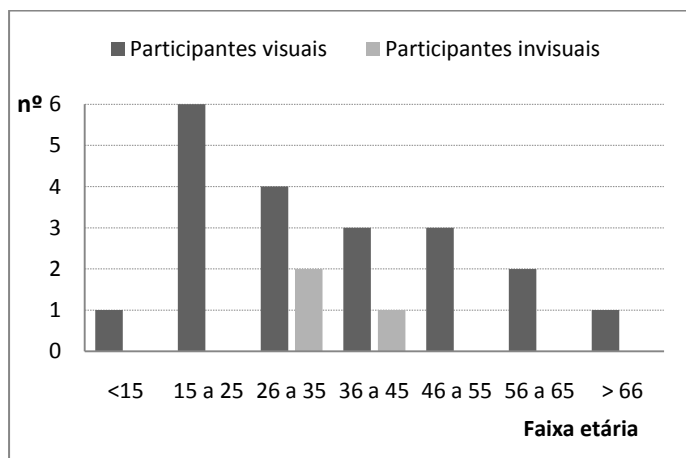


Gráfico 1 – Faixa etária dos inquiridos.

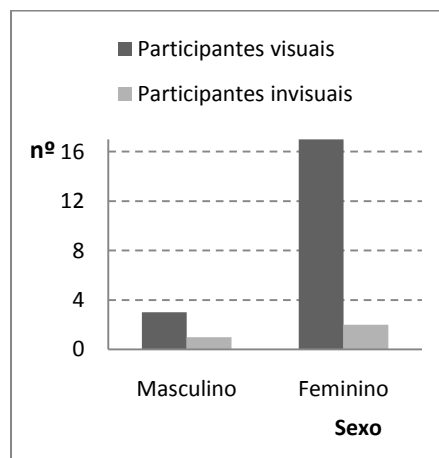


Gráfico 2 – Sexo dos inquiridos.

Quando questionados sobre a possibilidade de manuseio de acervo dentro de museus no passado, 100% dos visitantes invisuais informaram que nunca tiveram essa oportunidade, enquanto 40% dos participantes visuais – 8 respostas afirmativas – informaram que já tinham pegado em peças de acervo dentro de um museu. Estes dados estão disponíveis no Gráfico 3.

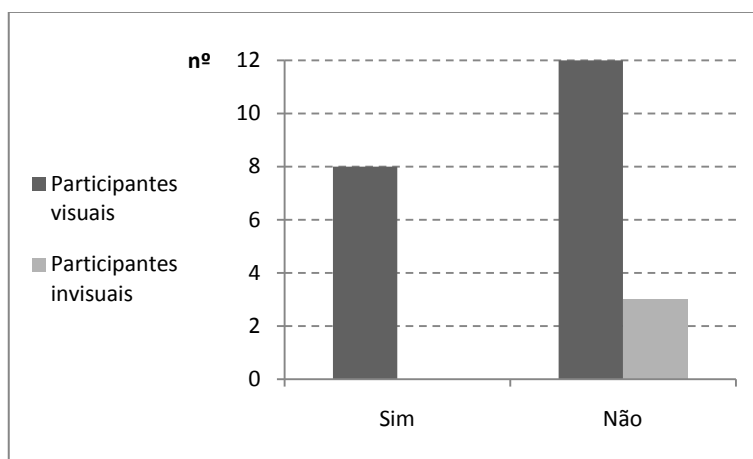


Gráfico 3 – Oportunidade de manusear acervo noutros museus.

## ii. INTERAÇÃO COM A INTERFACE

A partir dos dados recolhidos com as questões ligadas à interação com a interface, pretendeu-se tentar concluir como é que este processo foi entendido pelos avaliadores e ainda o que consideram em relação à atração como um todo.

Quando pedido para medir a interação numa escala com extremos “1 - complicada” e “5 - simples” – dados disponíveis no Gráfico 4 – cerca de 95.65% dos participantes informou que esta era simples e um indivíduo, representante de 4.35% da amostra, considera que a interação é menos simples, dado que assinalou o ponto anterior ao limite máximo da escala. Se o mesmo gráfico for analisado dividindo os grupos, constata-se que a totalidade de visitantes inquiridos sem deficiência visual considera que a interação é simples; por sua vez, dois elementos invisuais afirmam que a interação é simples e um deles considera que é menos simples.

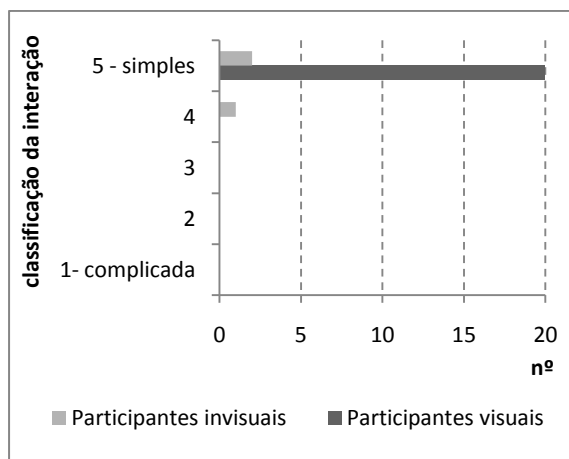


Gráfico 4 – Medição da interação na escala de complicada a simples.

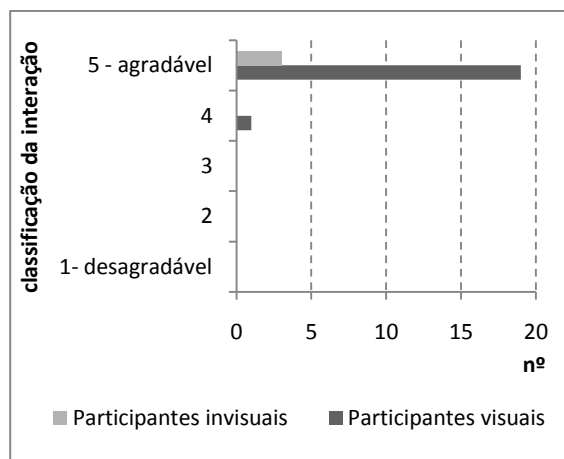


Gráfico 5 – Medição da interação na escala de desagradável a agradável.

No Gráfico 5 incluem-se os resultados relativos à avaliação da interação entre “1 - desagradável” e “5 - agradável”. De acordo com os mesmos, cerca de 95.65% das respostas indicam que a interação foi agradável, tendo um participante assinalado o ponto 4 da escala, representando aproximadamente 4.35% das considerações globais. Se o mesmo gráfico for analisado de acordo com os dois grupos, aponta-se que a totalidade dos visitantes invisuais considera que a interação com o sistema foi agradável e que 19 participantes visuais – 95% das respostas assinaladas por estes indivíduos – indicam o mesmo. Não obstante, um visitante considerou que a interação foi menos agradável, dado que assinalou o ponto 4 da escala.

Em relação às qualidades práticas inerentes às ações realizadas aquando da utilização da interface – dados no Gráfico 6 – cerca de 86.96% dos inquiridos, 20 pessoas, assinalam que a interação foi prática, sendo que dois indivíduos consideram que foi menos prática (aproximadamente 8.7% do total) e um indicou que a interação é mediana do ponto de vista prático, com dimensão

percentual de aproximadamente 4.34%. Se interpretados os resultados separadamente, constata-se que 2 dos 3 participantes invisuais – cerca de 66.67% – assinalaram o ponto 4 da escala, o qual corresponde a uma interação menos prática, e um deles considera que a interação foi prática. No grupo da amostra compreendido pelos visitantes visuais, 19 (correspondente a 95%) indicaram a interação como sendo prática e 1 – restantes 5% – que a interação foi mediana do ponto de vista prático.

De forma a perceber se a interação motivava à utilização do sistema ou se conduzia ao desinteresse, apresentam-se no Gráfico 7 os resultados obtidos.

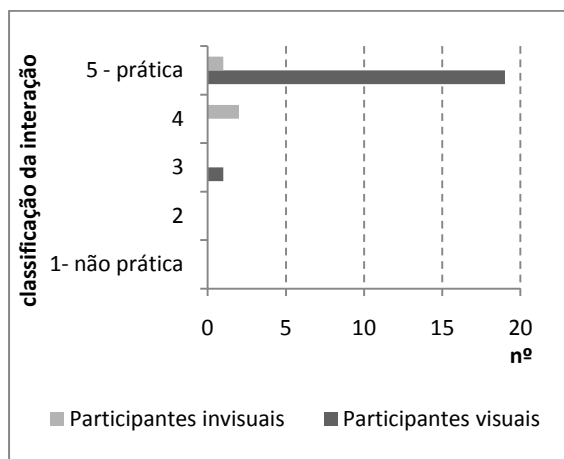


Gráfico 6 – Medição da interação na escala de não prática a prática.

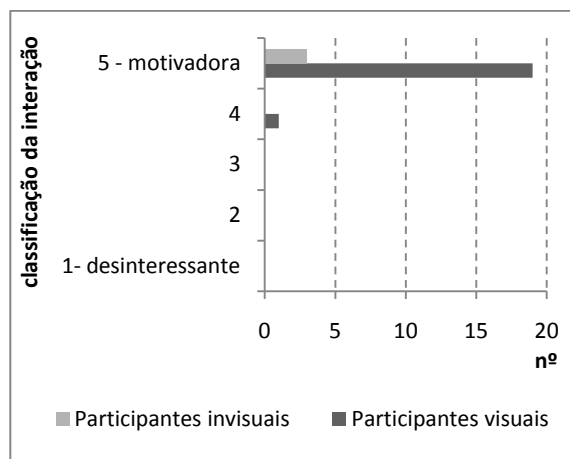


Gráfico 7 – Medição da interação na escala de desinteressante a motivadora.

De acordo com o mesmo, cerca de 95.65% das respostas globais – 22 inquiridos da amostra – indicaram uma interação motivadora e 4.35% – um participante – considera que a interação não é tão motivadora, uma vez que assinalou o ponto 4 da escala. Por sua vez, se divididos em grupos, os três participantes invisuais consideram que a interação foi motivadora, à semelhança do que se verifica para o caso das respostas fornecidas pelos 19 participantes visuais – 95% indicam que a interação foi motivadora. Por sua vez, um elemento assinalou o ponto 4 da escala, apontando que a interação foi menos motivadora do que para os outros participantes que constituem a amostra deste grupo.

Com o intuito de tentar perceber se o protótipo se apresentava apelativo do ponto de vista estético, o grupo de 20 visitantes não portadores de deficiência visual foi convidado a medir a atratividade da interface, numa escala variável entre “1 - interface não atrativa” e “5 - interface atrativa”. O Gráfico 8 inclui os dados obtidos.

Olhando para o mesmo, constata-se que 16 dos 20 inquiridos que constituíram amostra para o estudo consideraram que a interface era atrativa, perfazendo o valor percentual de 80%. Do total, 15% – três visitantes – assinalaram o ponto 4 da escala de medição, indicando que o protótipo não é completamente atrativo do ponto de vista visual. Os restantes 5% dizem respeito a um participante que considera que a estética da interface é mediana.

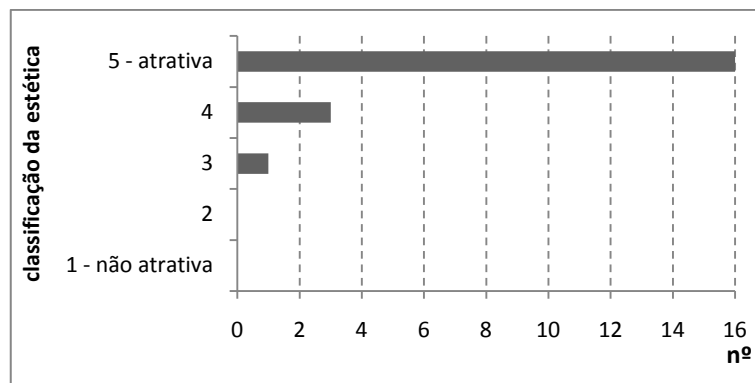


Gráfico 8 – Dados relativos à medição da estética do protótipo pelos participantes visuais.

De forma a perceber se a atração era criativa ou não e se a sua utilização conduzia ao isolamento, ou, em oposição, facilitava a partilha de informações relativas aos exemplares do acervo entre os visitantes, tanto os participantes invisuais quanto os visuais responderam a questões desta natureza.

No Gráfico 9 apresentam-se os dados recolhidos relativos às considerações dos visitantes acerca da criatividade ou convencionalidade da interface. Os resultados globais apontam que 22 inquiridos – cerca de 95.65% – consideram que a atração é criativa e um inquirido, representante de 4.35% assinalou o ponto 4 da escala de medição, apreciando que o sistema é menos criativo. Ao efetuar a interpretação do mesmo gráfico, mas tomando em consideração os dois grupos, constata-se que a totalidade de participantes invisuais assinalou o ponto 5 da escala de medição, aludindo para a criatividade do projeto. Por sua vez, 19 dos 20 inquiridos visuais assinalaram o mesmo campo – 95% – e um, representante do valor percentual de 5% da amostra de visitantes sem deficiência visual determinou o ponto 4 da escala, indicando que pensa que a interface poderia ter sido mais criativa.

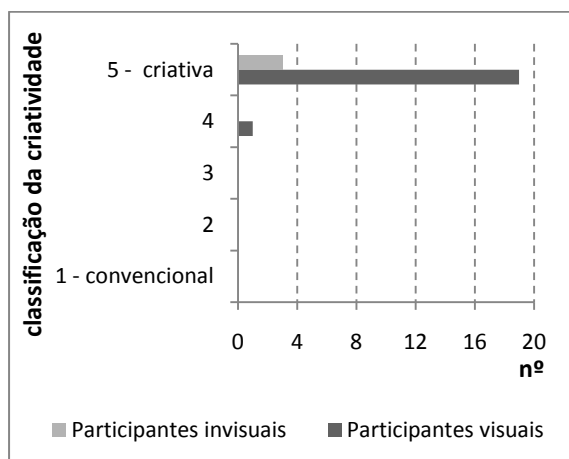


Gráfico 9 – Medição da criatividade do protótipo.

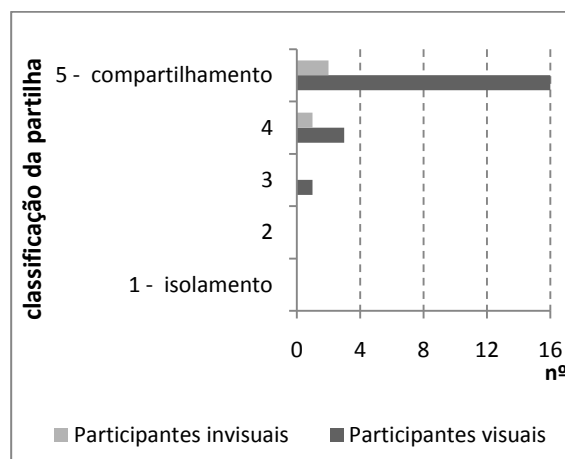


Gráfico 10 – Medição do nível de partilha proporcionado pela interface.

Relativamente ao nível de partilha, permitido aquando da interação com o protótipo, o Gráfico 10 revela os dados recolhidos. Tomando em conta todos os resultados para análise, cerca de 78.26% das respostas – correspondente a 18 dos 23 inquiridos – levam a concluir que, para a amostra em estudo, a interface possibilita a partilha. Por outro lado, 4 consideram que a atração não conduz a esta atividade em pleno, cerca de 17.39%, dado que assinalaram a opção 4 da escala de medição. Por sua vez, um indivíduo, representante de cerca de 4.35%, assinalou o ponto médio (valor 3 da escala), levando a pensar que a interface não contribui para o compartilhar das informações relativas às amostras, mas também não conduz o utilizador ao isolamento enquanto interage com a mesma. Se analisadas as respostas dadas pelos participantes invisuais, 2 – cerca de 66.67% – assinalaram que a atração permite a partilha, ao passo que o outro indivíduo apontou o ponto 4 da escala de medição, representando aproximadamente 33.33%. Dos 20 participantes com capacidades visuais, 80% – 16 inquiridos – consideram que a interação com a interface permite a partilha e 3 indivíduos, representantes de 15% das respostas, evidenciaram que a partilha não foi totalmente conseguida. Por fim, um participante, ao qual correspondem 5% do total percentual, marcou o ponto médio da escala de medição.

### iii. CONTEÚDOS APRESENTADOS

No que aos conteúdos apresentados diz respeito, pretendeu-se perceber a relevância e o interesse que os mesmos despertavam nos visitantes, e se a forma de apresentação dos mesmos era atraente ou se causava tédio. Adicionalmente, a investigação pretendeu tentar compreender se os participantes pretendiam que diversos conteúdos fossem mais aprofundados, entre os quais: aplicações atuais das amostras, processo de formação, aspetos científicos, curiosidades ou outros.

Em relação à relevância e interesse dos conteúdos apresentados, sintetizam-se, respetivamente, nos Gráficos 11 e 12 os dados recolhidos junto dos participantes invisuais e visuais.

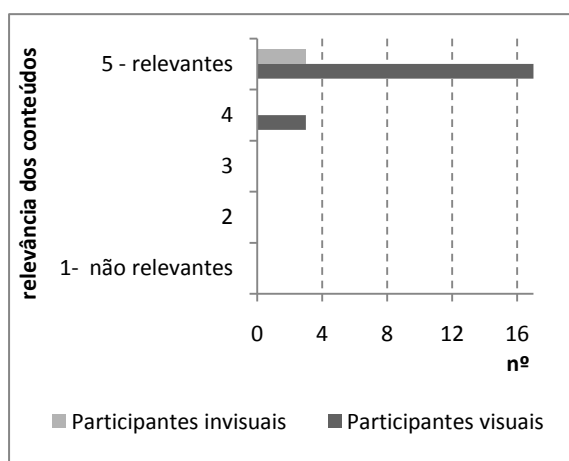


Gráfico 11 – Medição da relevância dos conteúdos.

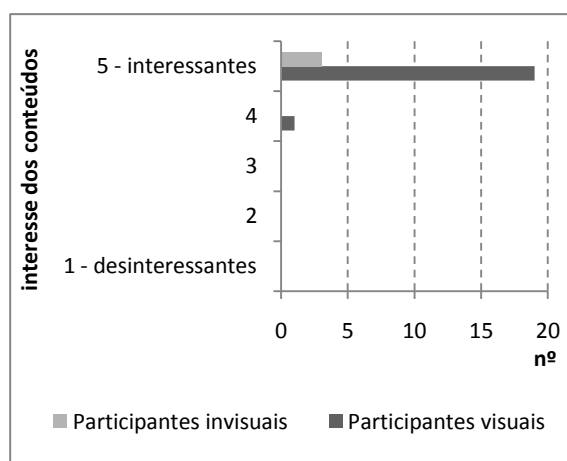


Gráfico 12 – Medição do interesse dos conteúdos.



Olhando para o Gráfico 11, assinala-se que 20 dos 23 inquiridos – aproximadamente 86.96% da amostra global – consideram que os conteúdos são relevantes, sendo que 3 destes representam todos os indivíduos invisuais, que admitem a relevância das informações. Os restantes 17 indivíduos com capacidades visuais que assinalaram este ponto da escala de medição representam 85% da amostra deste grupo, que aponta a relevância das informações. Por outro lado, cerca de 13.04% do total de participantes consideram que a relevância das mesmas não é total, dado que assinalaram o ponto 4 da escala de medição. Esta percentagem de participantes corresponde a 3 entre os 20 não portadores de deficiência visual, correspondendo a 15% deste grupo da amostra, o que pode indicar que os conteúdos visuais não são tão relevantes como os que são disponibilizados graficamente.

Em relação ao interesse dos conteúdos apresentados aquando da interação com o protótipo, sintetizam-se os dados obtidos no Gráfico 12. Dos 23 inquiridos constituintes da amostra total para o estudo, 22 – cerca de 95.65% – consideram que as informações comunicadas são interessantes, sendo que 1 participante considera que o interesse não é total, representado aproximadamente 4.35% dos resultados. Entre os indivíduos que consideram que os conteúdos são interessantes encontram-se todos os participantes invisuais, ao passo que a resposta assinalada no ponto 4 da escala de medição foi feita por um visitante sem deficiência visual. Com base nisto, pode concluir-se que a maior parte da amostra global considera que os conteúdos apresentados eram interessantes.

No que à duração dos conteúdos sonoros diz respeito, os resultados do processo de avaliação encontram-se no Gráfico 13. Dos 23 participantes totais, 11 assinalam que a duração das locuções é média, perfazendo cerca de 47.83% das respostas. Entre estes incluem-se todos os participantes invisuais, o que pode levar a concluir que a duração das locuções é ideal para os mesmos. Para os restantes 20 visitantes, 3 apontam que os conteúdos são longos (15%), 6 que os conteúdos apresentam duração entre ideal e longa (30%), 8 para a duração ideal (40%), 1 para locuções relativamente curtas (5%) e 2 compreendem que os conteúdos explicativos na forma de locuções têm pouca duração (10%).

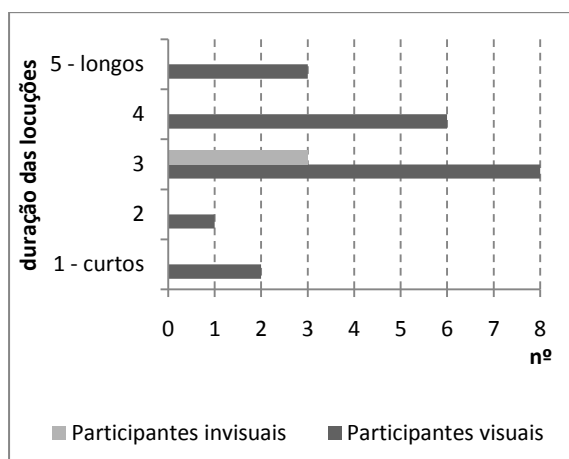


Gráfico 13 – Medição da duração dos conteúdos explicativos na forma de locuções.

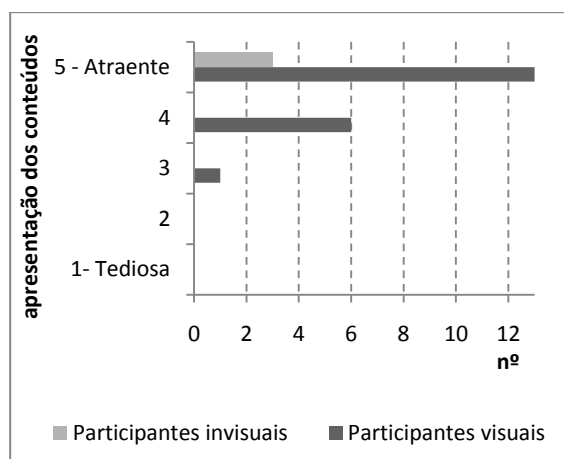


Gráfico 14 – Considerações relativas à apresentação dos conteúdos explicativos.

No que à apresentação dos conteúdos explicativos diz respeito – Gráfico 14 – 16 inquiridos do total que compõem a amostra – cerca de 69.57% – assinalam que os conteúdos apresentados são atraentes. Entre este total, incluem-se os três participantes com deficiência visual, que assinalam que a forma de comunicação dos conteúdos através das diversas locuções é atraente. Relativamente ao grupo dos inquiridos com saúde visual, 13 assinalam que os conteúdos são apresentados de forma atraente (65%), 6 referem que a apresentação dos conteúdos é menos atraente (30%) e um (5%) considera que a forma de apresentação dos conteúdos explicativos não é atraente, mas também não conduz ao tédio.

De forma a estudar se as informações fornecidas pelas descrições de áudio permitiram a identificação correta das amostras geológicas, os 3 participantes com deficiência visual foram inquiridos a este respeito. Os resultados apresentados no Gráfico 15 apontam que os aspetos relativos às texturas, rugosidades e formas tomados em consideração aquando da elaboração dos textos, contribuíram para o reconhecimento das quatro peças do acervo do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal. No entanto, de realçar que, devido ao baixo número de participantes que fizeram parte integrante da amostra, os resultados não devem ser tomados como verdade total para outros visitantes invisuais.



Gráfico 15 – Facilidade de identificação das amostras geológicas, com base nas locuções.

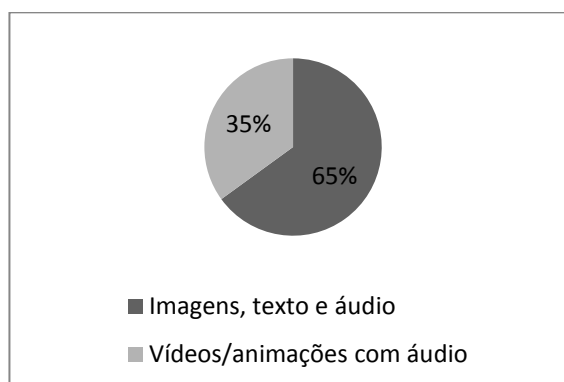


Gráfico 16 – Dados relativos à inclusão de novas formas para a apresentação dos conteúdos.

Em relação às explicações fornecidas sobre as amostras geológicas, os participantes visuais foram questionados se estas deveriam incluir imagens, texto e áudio – tal como o que foi implementado no protótipo – ou vídeos/animações. No Gráfico 16 sintetizam-se as respostas obtidas. Entre os 20 inquiridos, 7 (35%) consideram que os conteúdos devem ser apresentados em conformidade com o que foi implementado – imagens, texto e áudio. Por outro lado, 65% dos inquiridos, correspondentes a 13 participantes, assinalaram que as informações acerca dos exemplares do acervo deveriam contemplar vídeos ou animações.

De forma a tentar perceber as necessidades dos visitantes do MM Gerdau, os participantes foram inquiridos acerca da exploração mais aprofundada de temas como aplicações atuais do mineral, processos de formação, aspetos científicos, curiosidades e outros. Podendo assinalar mais do que

uma opção, os resultados obtidos encontram-se no Gráfico 17 e dizem respeito às considerações dos participantes visuais e invisuais.

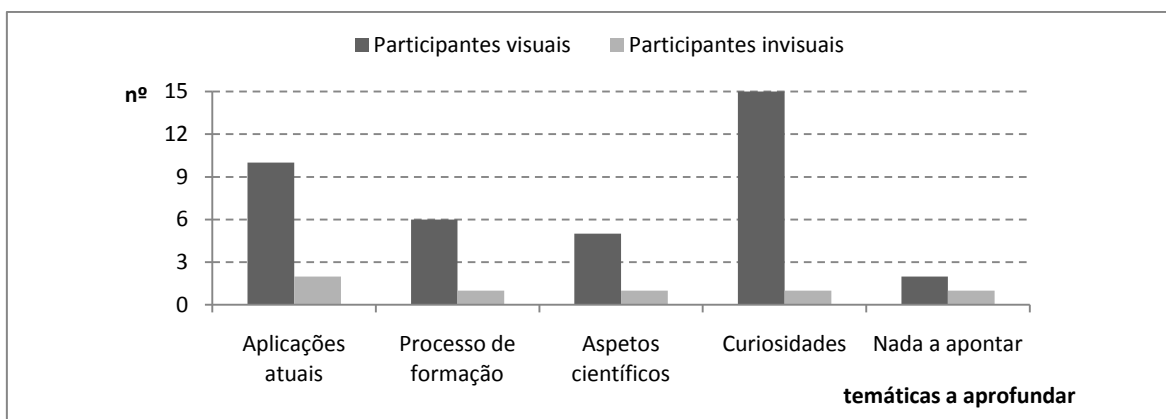


Gráfico 17 – Considerações acerca da exploração de temáticas relativas aos conteúdos apresentados.

Dado que o que se pretende tentar explorar com o Gráfico 17 é identificar quais as temáticas que devem ser mais aprofundadas, os dados serão interpretados sem efetuar a distinção entre os participantes portadores de deficiência visual e os outros. Em relação às aplicações atuais das amostras, 12 inquiridos – cerca de 52.17% da amostra global – consideram que deveria ser proporcionado um maior leque de informações. Entre os 23, 7 assinalaram a opção “processo de formação” (30.43%, aproximadamente), 6 consideram que aspetos científicos devem ser mais explorados (cerca de 26.09%), 16 gostariam de conhecer mais curiosidades (aproximadamente 69.57%) e 3 não apontam que nenhuma temática deve ser mais aprofundada (cerca de 13.04%).

#### iv. AMOSTRAS GEOLÓGICAS UTILIZADAS

Com o intuito de tentar perceber o que consideram os visitantes acerca das amostras geológicas disponibilizadas pelo MM Gerda – Museu das Minas e do Metal para o protótipo, os participantes no estudo responderam a algumas questões.

A primeira delas, apenas colocada para os visitantes com capacidades visuais, foi se as quatro amostras geológicas eram apelativas do ponto de vista visual – cores e formas. Os resultados apresentam-se no Gráfico 18. Analisando o mesmo, consta-se que 17 dos 20 participantes visuais afirmaram que as amostras eram interessantes do ponto de vista visual (85%), enquanto 3 consideram que estas não são esteticamente apelativas (15%).

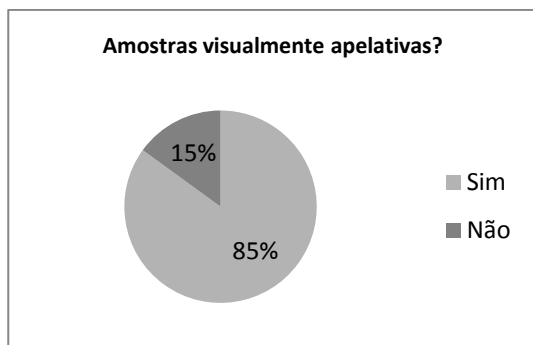


Gráfico 18 – Considerações acerca das características visuais das amostras geológicas.

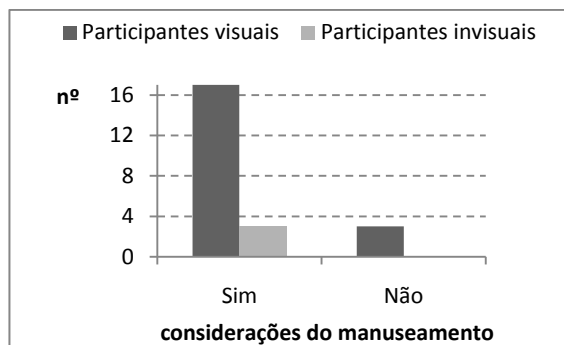


Gráfico 19 – Considerações acerca das características tateáveis das amostras geológicas.

No Gráfico 19 apresentam-se os resultados fornecidos pelos 23 participantes no estudo, quando inquiridos se as peças do acervo em utilização eram apelativas do ponto de vista táctil – texturas, rugosidades e diferenças de peso. Analisando os dados, cerca de 86.96% das respostas – 20 inquiridos – afirmam que os elementos são taticamente atraentes, ao passo que 3 inquiridos não consideram o mesmo – aproximadamente 13.04%. Se divididos em grupos, os participantes invisíveis consideram que as características das amostras tateáveis são apelativas, ao passo que 85% dos visitantes visuais (17 dos 20 inquiridos que compõem este grupo) confirmam esta preocupação. Não obstante, os 3 participantes que representam 15% das respostas não consideram o mesmo.

De forma a tentar perceber se o número de amostras geológicas disponíveis para a interação deveria ser maior ou não, e qual a quantidade de peças do acervo pretendidas pelos participantes, podem observar-se os resultados nos Gráfico 20 e 21.

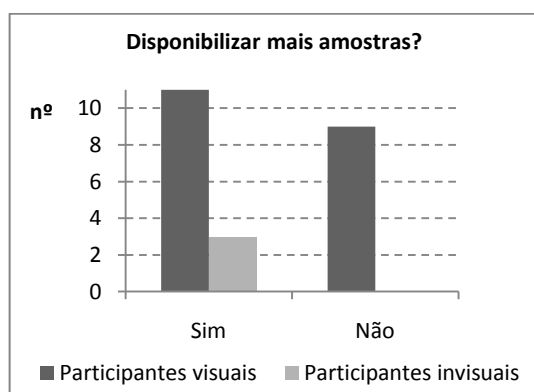


Gráfico 20 – Considerações acerca do número de amostras para a interação.

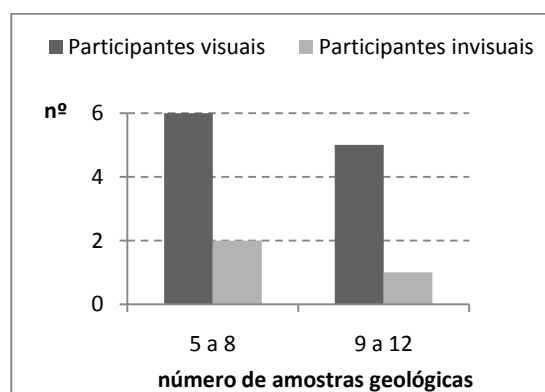


Gráfico 21 – Indicação das amostras que devem ser disponibilizadas.

Através da análise do Gráfico 20, constata-se que 14 dos 23 participantes do projeto, cerca de 60.87% nos quais se incluem todos os participantes invisíveis, gostariam que o número de exemplares disponíveis para manuseamento fosse maior, e 9 (aproximadamente 39.13%)

apontam que esta quantidade não deveria ser maior. Com base nisto, pode concluir-se que cerca de 39.13% dos inquiridos está satisfeito com o número de elementos do acervo possíveis de manusear aquando da interação, ao passo que os restantes 60.87% afirmam que outras peças geológicas deveriam ser disponibilizadas. Entre estes participantes, 8 – cerca de 57.14% – assinalam que deveriam ser incluídos entre 5 a 8 exemplares, e 6 – aproximadamente 42.86% – indicam que o número deveria ser maior, compreendido entre 9 e 12 amostras do MM Gerdau – estes resultados apresentam-se no Gráfico 21.

Por fim, tentou-se perceber se os inquiridos que participaram na avaliação do protótipo consideram que o manuseamento de duas amostras em simultâneo é suficiente, ou se a interface deveria prever que mais do que duas pudessem ser seguradas ao mesmo tempo. Os dados obtidos podem ser observados no Gráfico 22.

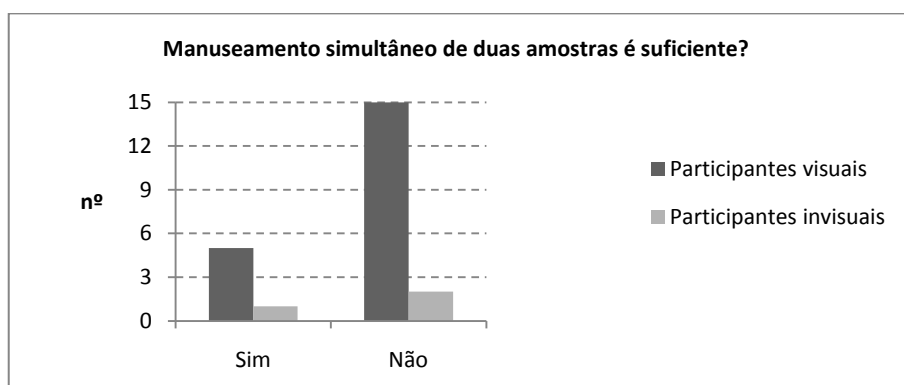


Gráfico 22 – Considerações acerca do manuseio simultâneo das amostras geológicas.

Pela leitura dos resultados obtidos e apresentados no Gráfico 22, 1 participante do grupo dos indivíduos invisuais afirma que mais do que duas amostras geológicas devem poder ser seguradas em simultâneo, enquanto os outros 2 consideram que tal não deve ser permitido, respetivamente cerca de 33.33% e 66.67%. Por outro lado, 25% dos participantes com capacidades visuais – 5 inquiridos – gostariam de poder manusear ao mesmo tempo um número superior a duas peças. Em oposição, 15 deles (75%) consideram que é suficiente a manipulação de duas amostras geológicas no mesmo período temporal. Com base nestes resultados, pode concluir-se que cerca de 73.91% dos inquiridos não considera que a interface deva permitir utilizar mais do que duas peças do acervo para a comparação entre elas.

## v. COMENTÁRIOS ACERCA DO PROTÓTIPO

Após o preenchimento do questionário, os participantes foram convidados a comentar a experiência de utilização. Aqui, transcreve-se primeiramente o que foi indicado pelo grupo de visitantes invisuais e, posteriormente, pelos visuais.

Para o primeiro caso – invisuais – foram verbalizadas as seguintes observações pelos três visitantes:

- “Os outros museus deviam pegar nesta ideia como referência.”
- “O áudio estava muito claro e as amostras geológicas disponíveis são muito interessantes. Está ótimo!”
- “Considero que se deve aumentar o número de amostras.”
- “Muito diferente, novidade! Não imaginava que ia ter um jeito de pegar nas pedras e ouvir informações sobre elas. É simplesmente enriquecedor.”

Entre o total de 20 participantes com aptidão visual, 13 escreveram comentários relativos à utilização da interface:

- “Falta um pouco mais de luminosidade nas pedras.”
- “Tive dificuldade em visualizar as rochas.”
- “Como o ambiente é escuro, não consegui visualizar bem o aspeto dos minerais.”
- “Pode aumentar um pouco a iluminação. Achei muito escuro ao tentar ver as pedras.”
- “Sugiro que tenha uma fonte de luz de cima para baixo, para melhor visualização das amostras geológicas”.

Refere-se que em consonância com os cinco primeiros comentários apresentados pelos visitantes com capacidade visual, logo que possível foi adaptada uma fonte de luz não prevista inicialmente para o projeto. Os restantes 8 comentários registados transcrevem-se em seguida:

- “Parabéns pelo trabalho. A acessibilidade nos museus precisa ser cada vez mais intensificada. Seu trabalho mostra um novo rumo em espaços museais.”
- “Colocar fósseis de peixes e outros diferentes, mais cristais livres para tocar.”
- “Ter disponível um número maior de painéis expositivos com amostras diferentes.”
- “Achei muito bom!”
- “Achei ótima a ideia de podermos tocar as amostras. Acho que por ser inovação, ainda está tímida no espaço. Devia-se investir utilizando-se mais amostras, em espaço maior e conteúdos mais interativos. Ex: vídeos com animações, utilizações, etc. Parabéns!”
- “A atração deveria ser exposta em um plano inclinado pois desta forma se torna mais acessível a públicos mais diversos, como crianças pequenas e idosos, e se torna mais visível a distância.”
- “O projeto é simplesmente fantástico, permitindo a interação completa e despertando grande prazer no toque, visualizar as cores, formatos e principalmente conhecer a riqueza das pedras e gemas. Adorei e deveria ser aplicado em todos os aspetos de nossa vida, pois o que é tátil é emoção pura! Parabéns!”
- “Por experiência em outros museus, considero a possibilidade de manusear e observar com cuidado as amostras geológicas uma forma interativa e mais prazerosa de conhecer, considerando que outros museus não apresentam esta possibilidade. Acredito que seria algo a mais para um museu tão interativo e tecnológico como o MMM.”

Com base na análise de resultados, considera-se que os aspetos hedónicos e pragmáticos da interação com a interface foram positivos, ao passo que a apresentação dos conteúdos recorrendo a imagens, texto e áudio deve ser pensada de novo, de acordo com a informação prestada pelos visitantes visualmente habilitados. De acordo com os participantes, deve ser

aumentado o número de amostras geológicas e deve ser dado um maior foco às curiosidades relativas a cada uma, mantendo o esquema de manuseamento de apenas dois exemplares em simultâneo. Entre os resultados não esperados, aponta-se o número de visitantes que indicou já ter tido a possibilidade de manusear acervo noutros museus.

## **V. CONCLUSÃO**

### **5.1. CONCLUSÃO FINAL**

Aquando do levantamento do estado da arte, concluiu-se que a presença de interfaces tangíveis em Museus era relativamente baixa, quando comparada com a adaptação de outras tecnologias interativas para comunicação de informações em espaços museológicos. Com base nesta consideração, o presente trabalho pretendeu contribuir para a ampliação da área de aplicação das *tangible user interfaces*, através da conceção, desenvolvimento e avaliação de um expositor para a comunicação de amostras de acervo pertencentes à coleção do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal.

Entre os objetivos a cumprir, pretendeu-se que visitantes deste Museu pudessem estabelecer contacto táctil com peças geológicas, ao mesmo tempo que ficavam a conhecer informações a elas concernentes. Com o trabalho, ambicionou-se estabelecer um ponto de investigação para a inclusão social dentro deste espaço, sendo dado destaque às necessidades apresentadas por elementos do público com deficiência visual.

Entre as conclusões principais da avaliação realizada com 23 visitantes do MM Gerdau – entre os quais, 3 eram visualmente incapacitados – aponta-se que os aspetos hedónicos e pragmáticos da interação com o protótipo, em estudo, se revelaram positivos. Em contrapartida, o número de amostras geológicas foi indicado como sendo baixo e os resultados indicam que os conteúdos apresentados devem ser novamente pensados na forma de vídeos ou animações.

Da análise efetuada ressalta-se, em relação aos dados obtidos, que a amostra de indivíduos invisuais é bastante inferior quando comparada com o grupo dos visitantes com saúde visual, pelo que os resultados não puderam ser confrontados em plenitude. Não obstante, apesar dos participantes com deficiência visual representarem apenas aproximadamente 13.04% da amostra global, esperou-se conseguir colaborar para o incremento da acessibilidade na utilização da interface e dar resposta ao principal objetivo do presente trabalho de investigação.

### **5.2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

Entre as diversas limitações do estudo, compreende-se desde logo que o manuseamento de peças de acervo pertencentes à coleção de museus é uma atividade crítica, no sentido em que do mau uso pode resultar a ocorrência de dados irreversíveis e até mesmo a própria eliminação.

Em relação à interação com a interface, regista-se que, para o caso de visitantes invisuais, não foi implementado nenhum mecanismo de acessibilidade ao ponto que a realização de ações possa ser feita de modo independente por estes elementos do público.

Por outro lado, não foi apresentada nenhuma informação gráfica que indicasse aos visitantes que podiam segurar em mais do que uma amostra geológica em simultâneo, mesmo que já tivessem



uma em mãos. Esta fragilidade pode levar a concluir pelos utilizadores que apenas é possível obter informações relativas a um elemento do acervo, de cada vez.

Ainda em relação à forma de apresentação dos conteúdos visuais, o uso de projeções está condicionada à oclusão de fontes de luz próximas do espaço, que perturbem a visualização dos mesmos. Por outro lado, considera-se que as informações visuais e sonoras possam conduzir à saturação dos visitantes que vão várias vezes ao MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal.

Outra das fraquezas do estudo reporta-se à segurança das peças do acervo. Dada que a interação é livre, sem condicionamentos em termos de utilização das mesmas, qualquer pessoa podia levar consigo as amostras. Apesar de uma câmara e pelo menos um monitor estar sempre de vigia, essa possibilidade existia.

Por fim, aponta-se a limitação de que o protótipo foi testado apenas com três pessoas invisuais, o que não constituiu uma amostra considerável para perceber as suas necessidades na utilização independente da interface. Ainda em relação à acessibilidade do projeto, refere-se que não foi realizado nenhum tipo de testes com pessoas portadoras de deficiência auditiva.

### **5.3. SUSTENTABILIDADE**

Após a implementação e avaliação do protótipo, questões ligadas à sua sustentabilidade devem ser tomadas em consideração, de forma a tentar revitalizar o sistema a qualquer momento. Deste modo, serão abordadas considerações a nível de manutenção dos elementos sensoriais e de atuação, de atualização dos conteúdos sonoros e gráficos, bem como a possibilidade de replicação e extensão da interface.

Relativamente à primeira preocupação, compreende-se que os sensores de força resistivos e os atuadores possuem um tempo de vida limitado, o que também se verifica para o caso do funcionamento do microcontrolador utilizado para a tomada de decisões pelo sistema. Se algum dos LEDs se fundir, poderá ser facilmente substituído por outro, devendo-se apenas ter o cuidado de verificar que as ligações elétricas foram realizadas de acordo com os requisitos. O mesmo se verifica para os quatro sensores de força resistivos implementados para a deteção do peso das amostras geológicas. Já o microcontrolador, em caso de avaria, deve ser substituído e o código de programação transferido para a memória do novo. Adicionalmente, deve assegurar-se que as ligações elétricas a este foram corretamente estabelecidas.

Os conteúdos gráficos poderão ser atualizados sempre que desejado. Uma vez que os ficheiros resultantes do trabalho realizado foram salvaguardados, a sua modificação poderá ser efetuada recorrendo aos *softwares* Adobe Photoshop e Adobe Illustrator, ou a quaisquer outros que permitam editar as informações gráficas neles presentes. Para a manutenção ou substituição dos conteúdos sonoros, novas gravações devem ser efetuadas. Em qualquer um dos casos, poderá ser necessário alterar código de programação para correr os novos ficheiros. Por outro lado, poderão ser incluídos vídeos ou animações para a apresentação das informações relativas às quatro

amostras geológicas, devendo tornar-se essas modificações explícitas no programa a correr no *software* Processing.

Caso se pretenda aumentar o número de amostras dispostas na interface, poderão ser incluídos sensores de deteção de peso e fornecedores de *feedback* luminoso adicionais. A produção dos novos conteúdos gráficos e auditivos poderá ser realizada com o mesmo *software* utilizado para o projeto, ou com outro que conduza aos resultados desejados. Em ambas as situações, o código programado deve ser atualizado. Nesta sequência, dependendo do número de novos elementos do acervo a incluir, a estrutura física do protótipo poderá ter que ser aumentada. Assim, poder-se-ão isolar áreas correspondentes a novas amostras geológicas para a passagem da iluminação sob a superfície do móvel.

Por fim, também o meio de apresentação das informações é viável de ser modificado. No protótipo, um ecrã distinto era projetado sempre que uma amostra ou duas amostras fossem manuseadas. Esta característica requeria que uma distância de cerca de setenta centímetros de disposição do móvel em relação à área de projeção fosse respeitada. Caso se opte por um ecrã colocado numa parede, por exemplo, o móvel poderia estar encostado à mesma, eliminando-se esta distância.

#### **5.4. PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO**

Entre as possibilidades de evolução futura do projeto, e pensando de novo sobre a forma de apresentação das informações, aponta-se como linha de investigação futura para a conceção de um sistema que detete a posição das peças do acervo em utilização – por exemplo, recorrendo ao *Kinect* – e, de acordo com a sua distância em relação a um certo ponto, seriam mostrados detalhes da composição das peças, não visíveis a olho nu, acompanhados de locuções. A título de exemplo, se uma amostra geológica fosse aproximada do sensor de movimento, poderia ser dada a conhecer a sua composição, estrutura e fórmula química. Caso a mesma fosse afastada, poderiam ser conhecidas informações e curiosidades sobre esta: considerando a amostra de sílex disponibilizada para o projeto pelo MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, caso o visitante se afastasse da câmara com esta, poder-se-ia observar a si próprio com uma lança na mão, com a extremidade afiada de sílex, dado que no passado foi utilizado pelo homem primitivo na formação de lanças e outros objetos cortantes, semelhantes a faças.

Outra linha de investigação futura, porém num campo de atuação mais sensitivo, passaria pela projeção e conceção de um capacete que simulasse a perda de visão. O utilizador, ao interagir com as amostras geológicas, ouviria locuções que o levassem a explorar de forma tátil as características físicas dos elementos, tais como arestas, texturas, rugosidades e polimentos, entre outros. Como desafio, ao segurar em duas peças, e de acordo com o que estivesse a ser ouvido, o visitante deveria conseguir adivinhar a qual das duas as informações correspondem, com base no que foi percebendo enquanto as explorava manualmente. De referir que questões de acessibilidade deveriam ser pensadas no sentido de orientar a interação dos visitantes com a interface.

Numa dimensão mais ligada ao oculto, um caminho possível seria o de tentar estabelecer uma conexão entre o estado de espírito da pessoa antes e após manusear um mineral. Primeiramente, o visitante seria convidado a ser examinado por sensores que medissem os seus sinais vitais e por uma câmara de infravermelhos, para deteção dos pontos de calor em seu redor. Após o manuseamento de um mineral, durante o qual se ficaram a conhecer informações acerca dos efeitos terapêuticos para o corpo e dos resultados que o mesmo estimula a nível do campo emocional, espiritual e da psique, os sensores e a câmara de infravermelhos voltariam a fazer a análise do visitante. Com base na comparação destes últimos resultados com os obtidos previamente, seriam apresentadas informações no sentido de se concluir se a exploração de exemplares do acervo contribuiu para o aumento do relaxamento ou da preocupação, se conduziu ao entusiasmo ou do desânimo, entre outras possibilidades antagónicas.

## **5.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como exercício de reflexão em relação a todo o trabalho desenvolvido, considera-se que a inclusão de interfaces tangíveis para a comunicação de acervo geológico e mineral tem espaço de aplicação e exploração dentro de Museus, desde que seguidas normas de segurança para a salvaguarda dos exemplares da coleção. Todavia, questões referentes à inclusão social – que permitam que interação com o sistema seja realizada de modo independente por todos os visitantes – devem ser trabalhadas, no sentido de tornar a interface acessível a todos.

A título de conclusão da presente dissertação, transcreve-se a definição de Museu, referente ao ano de 2007, a partir da qual se iniciou a investigação:

O museu é uma instituição permanente sem fins lucrativos, ao serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberta ao público, que adquire, conserva, investiga, comunica e expõe o património material e imaterial da humanidade e do seu meio envolvente com fins de educação, estudo e deleite (ICOM Portugal, n.d.).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adafruit. (2013). Force Sensitive Resistor (FSR). [página web]. Consultado a 23 março, 2014, em <http://learn.adafruit.com/downloads/pdf/force-sensitive-resistor-fsr.pdf>
- Ambrose, T., & Paine, C. (2012). *Museum basics* (3rd ed., pp. 123 – 133). Routledge. Consultado em [http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=POtDB4VkZK0C&oi=fnd&pg=PP2&dq=Museum+Basics&ots=Sdjg3dmWKx&sig=G5\\_I0p5fyrbHOcnl4WpnhA\\_ghiU](http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=POtDB4VkZK0C&oi=fnd&pg=PP2&dq=Museum+Basics&ots=Sdjg3dmWKx&sig=G5_I0p5fyrbHOcnl4WpnhA_ghiU)
- Arduino. (n.d.-a). Knock Sensor. [página web]. Consultado a 15 março, 2014, em <http://www.arduino.cc/en/Tutorial/KnockSensor>
- Arduino. (n.d.-b). Serial. [página online]. Consultado a 25 abril, 2014, em <http://arduino.cc/en/reference/serial>
- Arduino. (n.d.-c). What Arduino can do. [página web]. Consultado a 15 março, 2014, em [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)
- Badger, P. (n.d.). Capacitive Sensing Library. [página web]. Consultado a 17 março, 2014, em <http://playground.arduino.cc/Main/CapacitiveSensor?em=Main.CapSense#.UzWfn6hdWSo>
- Belinky, I., Lanir, J., & Kuflik, T. (2012). Using handheld devices and situated displays for collaborative planning of a museum visit. *Proceedings of the 2012 International Symposium on Pervasive Displays (PerDis '12)*, (19), 1–6. doi:10.1145/2307798.2307817
- Bil提高. (2011). Sensing Capacitive Touch - MPR121 + Arduino. [blog]. Consultado a 17 março, 2014, em [http://bil提高.org/2011/05/mpr121\\_arduino/](http://bil提高.org/2011/05/mpr121_arduino/)
- Bil提高. (2012a). Simple Light Reading With LDR + Arduino. [blog]. Consultado a 01 março, 2014, em <http://bil提高.org/2012/11/photoresistor-arduino/>
- Bil提高. (2012b). Force Sensitive Resistor + Arduino. [blog]. Consultado a 20 março, 2014, em <http://bil提高.org/2012/11/force-sensitive-resistor-arduino/>
- Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (2008). Tangible augmented reality. *ACM SIGGRAPH ASIA*, 1–10. doi:10.1145/1508044.1508051
- Bina, E. D. (2010). Museus: espaços de comunicação, interação e mediação cultural. *Actas Do I Seminário de Investigação Em Museologia Dos Países de Língua Portuguesa E Espanhola*, 2, 75–86. Consultado em <http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/8186.pdf>
- Boden, R. (2013). Wolfsonian Museum adds NFC tags to exhibits. Consultado a 22 novembro, 2013, em <http://www.nfcworld.com/2013/03/12/323012/wolfsonian-museum-adds-nfc-tags-to-exhibits/>
- Boyle, T. (2013a). NFC and the Museum of London. Consultado a 03 dezembro, 2013, em <http://qfuse.com/blog/nfc-and-the-museum-of-london/>
- Boyle, T. (2013b). NFC for Museums Case Study: Museum of London. Consultado a 03 dezembro, 2013, em <http://qfuse.com/blog/nfc-for-museums-case-study-museum-of-london/>
- Brazil, L. (2011). Memorial de Minas Gerais - Vale. [video]. Consultado a 16 novembro, 2013, em <http://www.youtube.com/watch?v=vuDrSiNnGol>

- Brooklyn Museum. (2013). Raw/Cooked: Michael Ballou. Consultado a 30 novembro, 2013, em [http://www.brooklynmuseum.org/exhibitions/raw\\_cooked\\_ballou/](http://www.brooklynmuseum.org/exhibitions/raw_cooked_ballou/)
- Calvillo-Gámez, E., Leland, N., Shaer, O., & Jacob, R. J. K. (2003). The TAC paradigm: unified conceptual framework to represent Tangible User Interfaces. *Proceedings of the Latin American Conference on Human-Computer Interaction CLIHC '03*, 9–15. Consultado em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=944521>
- Candida, S. (2013). Museu Naïf disponibiliza obras para tablets e smartphones. Consultado a 04 dezembro, 2013, em <http://oglobo.globo.com/rio/museu-naif-disponibiliza-obras-para-tablets-smartphones-8437582>
- Carceller, E. (2010). Módulos Interactivos nos museus. Exemplos e conselhos práticos. *Actas Do I Seminário de Investigação Em Museologia Dos Países de Língua Portuguesa E Espanhola, 2*, 363–365.
- Carrozzino, M., & Bergamasco, M. (2010). Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. *Journal of Cultural Heritage, 11*(4), 452–458. doi:10.1016/j.culher.2010.04.001
- Chanda, S. (2013). The special visitor: each and every one of us. *ICOFOM Study Series, (42)*, 83–96. Consultado em [http://network.icom.museum/fileadmin/user\\_upload/minisites/icofom/pdf/ISS\\_42\\_\\_2013\\_Rio\\_red.pdf](http://network.icom.museum/fileadmin/user_upload/minisites/icofom/pdf/ISS_42__2013_Rio_red.pdf)
- Chelini, M. (2012). Novas tecnologias para... novas (?) expografias. *Revista Museologia & Interdisciplinaridade, 1*(2), 59 – 71. Consultado em <http://seer.bce.unb.br/index.php/museologia/article/view/7904>
- Christie Microtiles. (2013). The ultimate digital canvas for digital displays and video wall systems. Consultado a December 03, 2013, em <http://www.christiedigital.com/en-us/microtiles/our-solutions/pages/digital-displays.aspx>
- Chuang, J., Hu, Y., & Ko, H. (2010). A Novel Secret Sharing Technique Using QR Code. *International Journal of Image Processing (IJIP), 4*(5), 468–475. Consultado em <http://www.cscjournals.org/csc/manuscript/Journals/IJIP/volume4/Issue5/IJIP-263.pdf>
- Cinebox. (2012). Formiga Design na Rio +20 (MAM). [video]. Consultado a 04 dezembro, 2013, em <http://www.youtube.com/watch?v=hE-C-xEld1c>
- Circuito Cultural Praça da Liberdade. (2012a). Circuito Cultural Praça da Liberdade - História. Consultado a 15 fevereiro, 2014, em <http://circuitoculturalliberdade.com.br/plus/modulos/conteudo/index.php?tac=historia&layout=conheca>
- Circuito Cultural Praça da Liberdade. (2012b). Museu das Minas e do Metal. Consultado a 14 fevereiro, 2014, em <http://circuitoculturalliberdade.com.br/plus/modulos/listas/?tac=espaco&id=10#/informacao>
- Classen, C. (2007). Museum manners: the sensory life of the early museum. *Journal of Social History, 40*(4), 895–914. Consultado em <http://muse.jhu.edu/journals/jsh/summary/v040/40.4classen.html>
- Cleveland Museum of Art. (2013a). About Gallery One. Consultado a 12 novembro, 2013, em <http://www.clevelandart.org/gallery-one/about>

- Cleveland Museum of Art. (2013b). ArtLens. Consultado a 15 novembro, 2013, em <http://www.clevelandart.org/gallery-one/artlens>
- Cleveland Museum of Art. (2013c). Gallery One. [video]. Consultado a 15 novembro, 2013, em <http://www.youtube.com/watch?v=qWJqd6lyJ-E>
- Cui, B., & Yokoi, S. (2012). Promote visitor interactions by smart devices in museum learning scenario. *Computing Technology and Information Management (ICCM), 2012 8th International Conference on*, 1, 376–379. Consultado em [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=6268526](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6268526)
- Cury, M. X. (2010). Novas perspectivas para a comunicação museológica e os desafios da pesquisa de recepção em museus. *Actas Do I Seminário de Investigação Em Museologia Dos Países de Língua Portuguesa E Espanhola*, 1, 269–279. Consultado em <http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/8035.pdf>
- Czikk, J. (2013). New ScopifyROM App Gives Royal Ontario Museum Visitors An Augmented Experience. Consultado a 20 novembro, 2013, em <http://www.betakit.com/new-scopifyrom-app-gives-royal-ontario-museum-visitors-an-augmented-experience/>
- Dai Nippon Printing, & Musée du Louvre. (2010). Diplomacy and Sèvres Porcelain , prestige and the French art of living in the 18 th century. Louvre – DNP Museum Lab. [Press release], Tokyo.
- Desvallées, A., & Mairesse, F. (2010a). Conceptos claves de museología. Consultado em [http://icom.museum/fileadmin/user\\_upload/pdf/Key\\_Concepts\\_of\\_Museology/Museologie\\_Espagnol\\_BD.pdf](http://icom.museum/fileadmin/user_upload/pdf/Key_Concepts_of_Museology/Museologie_Espagnol_BD.pdf)
- Desvallées, A., & Mairesse, F. (2010b). *Key Concepts of Museology*. Paris: Armand Colin. Consultado em [http://icom.museum/fileadmin/user\\_upload/pdf/Key\\_Concepts\\_of\\_Museology/Museologie\\_Anglais\\_BD.pdf](http://icom.museum/fileadmin/user_upload/pdf/Key_Concepts_of_Museology/Museologie_Anglais_BD.pdf)
- Earl, B. (2013). Adafruit Color Sensors: Measure Light and Color with Adafruit TCS34725 Color Sensors. [página web]. Consultado a 25 março, 2014, em <http://learn.adafruit.com/adafruit-color-sensors/overview>
- Edge, D. (2008). Tangible user interfaces for peripheral interaction. *University of Cambridge, Computer Laboratory, Technical Report*, (733). Consultado em <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.145.6012&rep=rep1&type=pdf>
- Edigma. (2010). Ecomuseum of Barroso. Consultado a 16 novembro, 2013, em <http://www.edigma.com/en/case-studies/ecomuseum-of-barroso.html>
- Edigma. (2012a). Esposende environmental education center. Consultado a 16 novembro, 2013, em <http://www.edigma.com/en/case-studies/esposende-environmental-education-center.html#EXHIBITION ENTRY>
- Edigma. (2012b). Museum of Transports and Communications. Consultado a 11 novembro, 2013, em <http://www.edigma.com/en/case-studies/museum-of-transports-and-communications.html#QR CODES>
- Exciting Space. (2012). Um guia & jogo para o Museu Nacional dos Coches. Consultado a 04 dezembro, 2013, em [http://www.excitingspace.com/PT/product\\_coaches\\_museum.html](http://www.excitingspace.com/PT/product_coaches_museum.html)

- Ferraz, J., & Almeida, P. (2013). Avaliação de protótipos iTV e mobile. Apresentação na disciplina de Seminário do MCMM. Universidade de Aveiro.
- Fitzmaurice, G., Ishii, H., & Buxton, W. (1995). Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. *CHI '95 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 442–449. Consultado em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=223964>
- Geser, G., & Niccolucci, F. (2012). Virtual museums, digital reference collections and e-science environments. *Uncommon Culture*, 3(5/6), 12–37. Consultado em <http://firstmonday.org/ojs/index.php/UC/article/view/4714>
- Goodman, E., Stolterman, E., & Wakkary, R. (2011). Understanding interaction design practices. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1061–1070. Consultado em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1979100>
- Hakvoort, G. (2013). The immersive museum. *Proceedings of the 2013 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces - ITS '13*, 463–468. doi:10.1145/2512349.2514598
- Hall, S. (2013). *Creating strong cross media concepts for museum exhibitions*. Umeå universitet. Consultado em <http://umu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:630513>
- Hara, T., & Oda, M. (2012). Mixed reality mirror display. *SIGGRAPH Asia 2012 Emerging Technologies on - SA '12*. doi:10.1145/2407707.2407723
- Hernández, F. (2009). La importancia de la colección y exposición dentro del museo. *ICOFOM Study Series*, (38), 223–235. Consultado em [http://network.icom.museum/fileadmin/user\\_upload/minisites/icofom/pdf/ISS\\_38-2009.pdf](http://network.icom.museum/fileadmin/user_upload/minisites/icofom/pdf/ISS_38-2009.pdf)
- Hornecker, E., & Buur, J. (2006). Getting a grip on tangible interaction: a framework on physical space and social interaction. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 437–446. Consultado em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1124838>
- Hsieh, C., Liu, I., Yu, N., Chiang, Y., Wu, H.-T., Chen, Y.-J., & Hung, Y.-P. (2010). Yongzheng emperor's interactive tabletop: seamless multimedia system in a museum context. *Proceedings of the International Conference on Multimedia*, 1453–1456. Consultado em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1874242>
- Hwang, W., & Salvendy, G. (2010). Number of people required for usability evaluation: the 10 +/- 2 rule. *Communications of the ACM*, 53(5), 130–133. doi:10.1145/1735223.1735255
- ICOM. (n.d.). Museum Definition. Consultado a 23 outubro, 2013, em <http://icom.museum/the-vision/museum-definition/>
- ICOM Portugal. (n.d.). Definições: Museu. Consultado a 23 outubro, 2013, em [http://www.icom-portugal.org/documentos\\_def,129,161,lista.aspx](http://www.icom-portugal.org/documentos_def,129,161,lista.aspx)
- IMC. (2010). Protocolo IBM / IMC - Quiosques Multimédia. Consultado a 11 novembro, 2013, em [http://www.imc-ip.pt/pt-PT/iniciativas/actividades\\_imc/ContentDetail.aspx?id=1986](http://www.imc-ip.pt/pt-PT/iniciativas/actividades_imc/ContentDetail.aspx?id=1986)
- IMC. (2013). Museu de Aveiro: tecnologia multimédia para expor paramentaria. Consultado a 12 novembro, 2013, em [http://www.imc-ip.pt/pt-PT/museus\\_palacios/actividades\\_museus/ContentDetail.aspx?id=3735](http://www.imc-ip.pt/pt-PT/museus_palacios/actividades_museus/ContentDetail.aspx?id=3735)

- Instituto Newton C. Braga. (n.d.). Como funcionam os LEDs (ART096). [página web]. Consultado a 17 abril, 2014, em <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/733-como-funcionam-os-leds-art096>
- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. *CHI '97 Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 234–241. Consultado em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=258715>
- Israel, K. (2011). *Informação e tecnologia nos museus interativos do contemporâneo*. Universidade de São Paulo. Consultado em <http://www.usp.br/celacc/ojs/index.php/blacc/article/view/285>
- Jacob, R., Girouard, A., Hirshfield, L., Horn, M., Shaer, O., Solovey, E., & Zigelbaum, J. (2008). Reality-based interaction: a framework for post-WIMP interfaces. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 201–210. Consultado em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1357089>
- Johnson, L., Adams Becker, S., & Freeman, A. (2013). *The NMC Horizon Report: 2013 Museum Edition*. Austin, Texas. Consultado em <http://www.nmc.org/pdf/2013-horizon-report-museum-EN.pdf>
- Johnson, L., Adams, S., & Witchey, H. (2011). *The NMC Horizon Report: 2011 Museum Edition*. Austin, Texas. Consultado a em <http://www.nmc.org/pdf/2011-horizon-report-museum.pdf>
- Kelly, D. L. (2012). The Internet of Things. Consultado a 20 novembro, 2013, em <http://australianmuseum.net.au/BlogPost/Museullaneous/The-Internet-of-Things>
- Kidd, J., Ntalla, I., & Lyons, W. (2011). Multi-touch interfaces in museum spaces: reporting preliminary findings on the nature of interaction. *Proceedings of the International Conference Re-Thinking Technology in Museums 2011: Emerging Experiences*. Consultado em <http://www.idc.ul.ie/techmuseums11/paper/paper1.pdf>
- Klemmer, S., Hartmann, B., & Takayama, L. (2006). How bodies matter: five themes for interaction design. *Proceeding of the 6th Conference on Designing Interactive Systems*, 140–149. Consultado em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1142429>
- Ko, S. M., Chang, W. S., & Ji, Y. G. (2013). Usability Principles for Augmented Reality Applications in a Smartphone Environment. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 29(8), 501–515. doi:10.1080/10447318.2012.722466
- Leighton, F., Mazalek, A., & Rêbola, C. B. (2013). Tangible Synergetic Domes. *TEI 2013*. Consultado em <http://www.tei-conf.org/13/sites/default/files/page-files/Leighton.pdf>
- Lima, D. (2012). Museologia-Museu e patrimônio, patrimonialização e musealização: ambiência de comunhão. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 7(1), 31–50. Consultado em <http://www.doaj.org/doaj?func=fulltext&ald=1005714>
- Lord, B., Lord, G., & Martin, L. (2012). *Manual of museum planning: sustainable space, facilities, and operations* (3rd ed., pp. 189 – 195). AltaMira Press. Consultado em <http://www.scribd.com/doc/101615570/Manual-of-Museum-Planning-Sustainable-Space-Facilities-and-Operations>
- Louvre-DNP Museum Lab. (n.d.). Seventh presentation: Diplomacy and Sèvres Porcelain, Prestige and the French art of living in the 18th century. Consultado a 23 dezembro, 2013, em <http://www.museumlab.eu/mls/index.html#/7/10>



- Louvre-DNP Museum Lab. (2010). Seventh presentation Louvre-DNP Museum Lab. Consultado a 20 dezembro, 2013, em <http://museumlab.eu/exhibition/07/development.html>
- Louvre-DNP Museum Lab. (2011). Offerings for Eternity in Ancient Egypt : a Question of Survival. Tokyo.
- Louvre-DNP Museum Lab. (2012a). El niño azul, Goya and Spanish Painting in the Louvre. Tokyo.
- Louvre-DNP Museum Lab. (2012b). El niño azul, Goya and Spanish Painting in the Louvre. [video]. Consultado a 20 dezembro, 2013, em <http://www.museumlab.eu/exhibition/movie/movie09.html>
- Louvre-DNP Museum Lab. (2013a). A Masterpiece of Ancient Greece : a World of Men , Gods, and Heroes. Tokyo.
- Louvre-DNP Museum Lab. (2013b). A Masterpiece of Ancient Greece: a World of Men, Gods and Heroes. [video]. Consultado a 21 dezembro, 2013, em <http://www.museumlab.eu/exhibition/movie/movie10.html>
- MAT Edizioni. (2013). Pinacoteca Ambrosiana. [video]. Consultado a 20 novembro, 2013, em <http://www.youtube.com/watch?v=C2qE64gIRms>
- Mendes, L. M. (2012). *Reprograme: comunicação, marca e cultura numa nova era de museus*. (Luis Marcelo Mendes, Ed.) (1.6 ed., pp. 178 – 185). Rio de Janeiro: Ímã Editorial. Consultado em [http://www.reprograme.com.br/wp-content/uploads/2012/10/reprograme\\_pt.pdf](http://www.reprograme.com.br/wp-content/uploads/2012/10/reprograme_pt.pdf)
- Mo Impulses. (2012). Information Highlights in Science Museum London. [video]. Consultado a 11 novembro, 2013, em <http://www.youtube.com/watch?v=0jcUgzQL-V0>
- Morgan, J. (2012). The multisensory museum. *Glasnik Etnografskog Instituta*, 60(1), 65–77. doi:10.2298/GEI1201065M
- Musée du Louvre. (2012). The museum Audio Guide. Consultado a 15 novembro, 2013, em <http://www.louvre.fr/en/museum-audio-guide>
- Musée du Quai Branly, & Orange. (2012). Orange and the musée du Quai Branly launch “Le musée en musique”, an Adroid app which offers a new way to discover the museum using NFC technologies. Consultado a 10 dezembro, 2013, em [http://www.orange.com/en/content/download/5700/82974/version/3/file/CP\\_Orange\\_Quai\\_Branly\\_11062012\\_V3\\_eng\[1\]\[1\].pdf](http://www.orange.com/en/content/download/5700/82974/version/3/file/CP_Orange_Quai_Branly_11062012_V3_eng[1][1].pdf)
- Museu da Língua Portuguesa. (2013). Exposição temporária - Cazuza mostra sua cara. Consultado a 11 novembro, 2013, em <http://www.museulinguaportuguesa.org.br/exposicoes.php>
- Museu da Marioneta. (2013). Aplicação Móvel do Museu da Marioneta. Consultado a 04 dezembro, 2013, em [http://www.museudamarioneta.pt/fotos/editor2/app\\_\\_press\\_release.pdf](http://www.museudamarioneta.pt/fotos/editor2/app__press_release.pdf)
- Museu da Vida. (2012). Tabela periódica interativa da exposição “Elementar” concorre a prêmio internacional de design. Consultado a 14 novembro, 2013, em <http://www.museudavida.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=mvida&inford=1679&sid=22>
- Museu das Minas e do Metal. (2010). Museu das Minas e do Metal. Consultado a 14 fevereiro, 2014, em <http://mmm.org.br/index.php?p=9&n=16>

- Museu das Minas e do Metal. (2013). MMM Anuncia Certificação Internacional. Consultado a 17 fevereiro, 2014, em <http://www.mmm.org.br/index.php?p=9&n=474>
- Museu Lasar Segall Ibram - Minc. (2011). O museu oferece serviço inédito de audioguia e videoguia gratuitos. Consultado a 04 dezembro, 2013, em <http://www.museusegall.org.br/mlsItem.asp?sSume=2&sltem=396>
- Museu RTP. (n.d.). Museu RTP. Consultado a 19 novembro, 2013, em <https://www.facebook.com/MuseuRTP/info>
- National Museums Scotland. (2013). National Museums Scotland looks to grab new audiences with digital game of territories. Consultado a 04 dezembro, 2013, em <http://www.capturethemuseum.com/press/press-release-capture-6.pdf>
- Neves, J. (2010). Comunicação multi-sensorial em contexto museológico. *Actas Do I Seminário de Investigação Em Museologia Dos Países de Língua Portuguesa E Espanhola, 2*, 180–192. Consultado em <http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/8195.pdf>
- Neves, J. (2013). Guias eletrônicos em contexto museológico - uma reflexão crítica. *Ensino Em Re-Vista*, 20(1), 163–178. Consultado em <http://www.seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/23220/12761>
- Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Computer Interaction*, (April), 249–256. Consultado em <http://web.vtc.edu/users/cad03090/hci-r/heuristic.pdf>
- Norman, D. (2002). *The design of everyday things* (pp. 1 – 218). New York, NY, USA: Basic Books, Inc. Consultado em <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:The+design+of+everyday+things#0>
- O’Sullivan, D., & Igoe, T. (2004). *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. (Thomson Course Technology PTR, Ed.) (pp. 49 – 63). Stacy L. Hiquet. Consultado em <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Physical+computing:+sensing+and+controlling+the+physical+world+with+computers#0>
- Oliveira, P. (2012). “Museu, Design e Interação” por Museu da Vida. Consultado a 14 novembro, 2013, em <http://www.mmm.org.br/index.php?p=9&pa=ini&n=260>
- Paterson, A. K. (2011). Touching Stuff. *Life as Human - The human interest magazine for envolving minds*. [online magazine]. Consultado a 15 abril, 2014, em <http://lifeasahuman.com/2011/arts-culture/history/touching-stuff/>
- Pereira, P. (2013). *Os dispositivos móveis no apoio a visitas a museus: um estudo da participação através dos dispositivos móveis no apoio à informação e comunicação em*. Universidade de Aveiro, Departamento de Comunicação e Arte & Universidade do Porto, Faculdade de Letras. Consultado em <http://ria.ua.pt/handle/10773/11366>
- PO-MO. (2012). Impossible Animals Museum Exhibit. Consultado a 16 novembro, 2013, em <http://www.po-mo.com/case-studies/view/interactive-digital-media-children-museum-exhibit>
- Potion. (2010a). 18 Camps. Consultado a 16 novembro, 2013, em <http://www.potiondesign.com/project/18-camps/>

- Potion. (2010b). Memory Pool. Consultado a 12 novembro, 2013, em <http://www.potiondesign.com/project/memorypool/>
- Potion. (2011). Infinity of Nations Focal Points. Consultado a 16 novembro, 2013, em <http://www.potiondesign.com/project/infinity-of-nations/>
- Potion. (2013). Future Energy. Consultado a 23 novembro, 2013, em <http://www.potiondesign.com/project/future-energy/>
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2002). *Interaction design: beyond human-computer interaction*. West Sussex, England. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Primo, J. (1999). Pensar contemporaneamente a museologia. *Cadernos de Sociomuseologia Centro de Estudos de Sociomuseologia*, 16(16), 5–38. Consultado em <http://revistas.ulusofona.pt/index.php/cadernosociomuseologia/article/view/350>
- Primo, J. (2006). Museologia e design na construção de objectos comunicantes. *Caleidoscópio-Revista de Comunicação E Cultura*, 7, 109–115. Consultado em <http://revistas.ulusofona.pt/index.php/caleidoscopio/article/view/2290>
- PT Comunicações. (2013). Painéis MNAA. Consultado a 20 novembro, 2013, em <https://play.google.com/store/apps/details?id=pt.fundacao.android.mnaaar>
- Repositório da Automação. (2013). Ensaio Utilizando o Sensor de Cor RGB - Modelo TCS230. [blog]. Consultado a 22 março, 2014, em <http://automacaoifrsrg.wordpress.com/2013/10/02/ensaio-utilizando-o-sensor-de-cor-rgb-modelo-tcs230/>
- Revista BHNews. (2013). Revista BHNews - 21/06/2013 - Três anos do Museu das Minas e do Metal. [video]. Consultado a 15 fevereiro, 2014, em <https://www.youtube.com/watch?v=Pvcacj0kQ4E>
- Rocha, H. da, & Baranauskas, M. (2003). *Design e avaliação de interfaces humano-computador* (pp. 1 – 207). Campinas: Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Computação. Consultado em <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Design+e+avaliação+de+interfaces+humano-computador#0>
- Rowe, A. (2013). Designing for engagement in mixed reality experiences that combine projection mapping and camera-based interaction. *Digital Creativity*, 1–14. doi:10.1080/14626268.2013.835737
- Santa Casa da Misericórdia de Lisboa. (2013a). Realidade aumentada e música no claustro assinalam Dia Internacional dos Museus em São Roque. Consultado a 20 novembro, 2013, em [http://www.scml.pt/destaques/realidade\\_aumentada\\_e\\_musica\\_no\\_claustro\\_assinalam\\_dia\\_internacional\\_dos\\_museus\\_em\\_sao\\_roque/](http://www.scml.pt/destaques/realidade_aumentada_e_musica_no_claustro_assinalam_dia_internacional_dos_museus_em_sao_roque/)
- Santa Casa da Misericórdia de Lisboa. (2013b). Visitar o Museu de São Roque através da realidade aumentada. Consultado a 20 novembro, 2013, em [http://www.scml.pt/destaques/visitar\\_o\\_museu\\_de\\_sao\\_roque\\_atraves\\_da\\_realidade\\_aumentada\\_2/](http://www.scml.pt/destaques/visitar_o_museu_de_sao_roque_atraves_da_realidade_aumentada_2/)
- Schneider, B., Jermann, P., Zufferey, G., & Dillenbourg, P. (2011). Benefits of a Tangible Interface for Collaborative Learning and Interaction. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4(3), 222–232. doi:10.1109/TLT.2010.36

- Schweibenz, W. (2012). Museum Exhibitions - The Real and the Virtual Ones: An Account of a Complex Relation. *Uncommon Culture*, 3(5/6), 38–52. Consultado em <http://ojs-prod-lib.cc.uic.edu/ojs/index.php/UC/article/view/4715>
- Seeing in the dark. (n.d.). Senses in the dark - Sense of touch. [página online]. Consultado a 12 abril, 2014, em <http://www.seeinginthedark.eu/senses-in-the-dark/sense-of-touch/>
- Shaer, O., & Hornecker, E. (2009). Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 3(1-2), 1–137. doi:10.1561/11000000026
- Shimosakai, R. (2013). Museu da Comunidade Concelhia da Batalha abre com acessibilidade para todos. Consultado a 04 dezembro, 2013, em <http://turismoadaptado.wordpress.com/2013/06/18/museu-da-comunidade-concelhia-da-batalha-abre-com-acessibilidade-para-todos/>
- Silva, U. L. da, Braga, R. F., & Scherer, D. (2012). Uso de QR Code e Realidade Aumentada como suporte a visita de museu. *Revista Renote - Novas Tecnologias Na Educação*, 10(2). Consultado em <http://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/36132>
- Sparkfun. (n.d.). IR Communication. [página web]. Consultado a 15 março, 2014, em <https://learn.sparkfun.com/tutorials/ir-communication/all>
- St Peters Basilica. (n.d.). Statue of St. Peter. Consultado a 11 dezembro, 2013, em <http://saintpetersbasilica.org/Statues/StPeter/StPeter.htm>
- Stanford, M. (2012). James May's Augmented Science App. Consultado a 21 novembro, 2013, em <http://www.youtube.com/watch?v=KkmceD0qpmc>
- Stromer-Galley, J. (2004). Interactivity-as-Product and Interactivity-as-Process. *The Information Society*, 20(5), 391–394. doi:10.1080/01972240490508081
- Suano, M. (1986). *O que é museu*. São Paulo: Brasiliense. Consultado em <http://www.scribd.com/doc/125721052/O-que-e-museu-Marlene-Suano>
- Tangible Display. (2011). Tangible Atoms. Consultado a 15 dezembro, 2013, em <http://www.tangibledisplay.com/gallery/mnhl#>
- Tate Modern. (n.d.). Multimedia guides at Tate Modern. Consultado a 16 novembro, 2013, em <http://www.tate.org.uk/visit/tate-modern/things-to-do/multimedia-guides>
- Tate Modern. (2013). Multimedia guide for The EY Exhibition: Paul Klee. Consultado a 16 novembro, 2013, em <http://www.tate.org.uk/context-comment/apps/klee>
- Tatum, M. (2013). What is an interactive kiosk? Consultado a 02 dezembro, 2013, em <http://www.wisageek.com/what-is-an-interactive-kiosk.htm>
- Terra Incognita. (2010). Science Storms. Consultado a 11 novembro, 2013, em <http://www.terraincognita.com/work/science-storms>
- Turismo de Portugal. (2013a). Museu do Douro. Consultado a 14 novembro, 2013, em <http://guiastecnicos.turismodeportugal.pt/pt/museus-monumentos/ver/Museu-do-Douro>

- Turismo de Portugal. (2013b). Museu Nacional de Arqueologia. Consultado a 11 novembro, 2013, em <http://guiastecnicos.turismodeportugal.pt/pt/museus-monumentos/ver/Museu-Nacional-de-Arqueologia>
- TV Câmara Belo Horizonte. (2012). Repostagem especial - Museu Mineiro - parte 3. [video]. Consultado a 11 novembro, 2013, em <http://www.youtube.com/watch?v=R07Vf8ldfXk>
- Ullmer, B., & Ishii, H. (1997). The metaDESK: models and prototypes for tangible user interfaces. *UIST '97 Proceedings of the 10th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 223–232. Consultado a em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=263551>
- Ullmer, B., & Ishii, H. (2001). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *Human-Computer Interaction in the New Millenium*, 579–601. Consultado em <http://web.media.mit.edu/~anjchang/ti01/ullmer-mill01-tui-framework.pdf>
- Ullmer, B., Ishii, H., & Jacob, R. J. K. (2005). Token+constraint systems for tangible interaction with digital information. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 12(1), 81–118. doi:10.1145/1057237.1057242
- Vairinhos, M. (2014). *Artefactos Tangíveis e Adaptáveis no Ambiente Doméstico*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro e Universidade do Porto.
- Van der Groen, O., Van der Burg, E., Lunghi, C., & Alais, D. (2013). Touch influences visual perception with a tight orientation-tuning. *PloS One*, 8(11), 1–9. doi:10.1371/journal.pone.0079558
- Vazquez-Briseno, M., Hirata, F. I., Sanchez-Lopez, J. de D., Jimenez-Garcia, E., Navarro-Cota, C., & Nieto-Hipolito, J. I. (2012). Using RFID/NFC and QR-Code in Mobile Phones to Link the Physical and the Digital World. In D. I. Deliyannis (Ed.), *Interactive Multimedia* (pp. 219–242). InTech. Consultado em <http://www.intechopen.com/books/interactive-multimedia/using-rfid-nfc-and-qr-code-in-mobile-phones-to-link-the-physical-and-the-digital-world>
- Veiga, A. (2012). *Modelo de referência para gestão de projetos de museus e exposições*. UFMG. Consultado em <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/JSSS-8ZDH4Q>
- Virzi, R. A. (1992). Refining the test phase of usability evaluation: how many subjects is enough? *Human Factors - Special Issue: Measurement in Human Factors*, 34(4), 457–468. Consultado em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=141700>
- ViseuMais. (2010). Quiosque multimédia no Museu de Lamego. Consultado a 11 novembro, 2013, em <http://viseumais.com/viseu/quiosque-multimedia-no-museu-de-lamego/>
- Wagensberg, J. (2004). Principios fundamentales de la museología científica moderna. *Revista Museos de México Y El Mundo*, 1(1), 14–19. Consultado em [http://recursos.udgvirtual.udg.mx/biblioteca/bitstream/123456789/1700/2/Principios\\_fundamentales\\_de\\_la\\_museologia.pdf](http://recursos.udgvirtual.udg.mx/biblioteca/bitstream/123456789/1700/2/Principios_fundamentales_de_la_museologia.pdf)
- Wakkary, R., Hatala, M., Muise, K., Tanenbaum, K., Corness, G., Mohabbati, B., & Budd, J. (2009). Kurio: a museum guide for families. *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, 215–222. Consultado a em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1517712>
- WhiteVoid. (2013). Fluidic - sculpture in motion. Consultado a 01 dezembro, 2013, em [http://www.whitevoid.com/#/main/art\\_technology/fluidic/fluidic\\_description](http://www.whitevoid.com/#/main/art_technology/fluidic/fluidic_description)

Wingard, D. (2012). Meissen Interactibe by Wingard Creative. [video]. Consultado a 30 novembro, 2013, em <http://www.youtube.com/watch?v=v6V4VqTOFvw>

Wisneski, C., Ishii, H., Dahley, A., Gorbet, M., Brave, S., Ullmer, B., & Yarin, P. (1998). Ambient displays: Turning architectural pace into an interface between people and digital information. *Proceedings of the First International Workshop on Cooperative Buildings (CoBuild '98)*, 1–11.

Yeung, K. (2013). The Asian Art Museum in SF unveils new augmented reality app for its Terracotta Warriors exhibit. Consultado a 20 novembro, 2013, em <http://thenextweb.com/apps/2013/02/24/asian-art-museum-san-francisco-augmented-ios-app-terracotta-warriors-exhibit/#!pcKX7>

## ANEXOS

### ANEXO A | ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA PARA A RECOLHA DE DADOS INICIAIS

O guião utilizado ao longo da entrevista semiestruturada apresenta-se em seguida:

#### PARTE I

Em relação aos **artefactos a disponibilizar** para o protótipo:

- [a] É admitido o acesso a minerais que constituem acervo do MMM?
- [b] Quantos artefactos serão disponibilizados? Quais?
- [c] É possível seleccionar minerais com cores distintas?
- [d] A partir de que data será concedido o acesso aos mesmos?
- [e] É permitida a colocação de algum tipo de etiquetas nos minerais seleccionados?

Acerca dos **conteúdos** a apresentar:

- [f] Quem se poderá responsabilizar pela seleção das informações científicas de cada um dos artefactos?
- [g] Existe alguma previsão em termos temporais para a elaboração dos mesmos?

Sobre a fase de **implementação**:

- [h] Em que divisão do MMM poderá vir a ser implementado o protótipo?
- [i] O Museu dispõe de algum projetor que possa ser utilizado na fase de prototipagem?
- [j] Pode ser ministrado pelo Museu algum tipo de mobiliário de suporte ao protótipo?

Relativamente à **avaliação** da interface:

- [k] Quem poderão vir a ser os participantes no estudo? Visitantes do MMM?
- [l] Qual(ais) a(s) forma(s) para contactar os possíveis participantes?
- [m] Profissionais ligados ao MMM podem vir a participar na avaliação do protótipo?

#### PARTE II

Para a disponibilização de **dados institucionais**:

- [n] De que forma será possível ter acesso aos dados do MMM como, por exemplo, missão, valores, número de visitantes, números de exposições, entre outros?

No decorrer da entrevista não foi possível conseguir resposta a todas as questões, tendo sido comunicada posteriormente a informação em falta, após conversa com a Diretora do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, Helena Maria Mourão Loureiro. Posto isto, determinou-se que:

#### Artefactos a disponibilizar – [a], [b], [c], [d], [e]

- Seriam seleccionados até ao dia 24 de fevereiro de 2014 quatro minerais para compor o protótipo, a cargo de Márcia Guimarães.

- Os objetos seriam escolhidos com especial atenção no que concerne à importância para a compreensão da área mineralógica que envolve o estado de Minas Gerais, no Brasil, por parte dos visitantes do Museu.
- Aquando da seleção, a preferência recai também sobre artefactos que se distingam facilmente uns dos outros (textura e cor).
- Eventualmente, os minerais poderão receber uma etiqueta no fundo, de fácil remoção.

#### **Conteúdos a apresentar – [f], [g]**

- A seleção de informações científicas de cada um dos objetos a utilizar ficou a cargo da geóloga Márcia Guimarães, até ao dia 20 de março de 2014.
- Estes conteúdos serão apresentados na forma de texto e incluem uma seleção de imagens feita pela geóloga.

#### **Implementação do protótipo – [h], [i], [j]**

- Em relação à divisão do Museu onde o protótipo seria implementado, a resposta obtida não foi conclusiva nesta fase. À medida que o estudo for evoluindo, e, de acordo com as dimensões do protótipo, o local viria a ser definido.
- Seria disponibilizado um equipamento de projeção a ser manuseado dentro do Museu das Minas e do Metal, em local reservado para a elaboração do protótipo, após o dia 19 de fevereiro de 2014.
- Quando questionado acerca da existência de mobiliário de reserva – que não estivesse a ser utilizado – concluiu-se que todos os móveis estavam a ter uso; esta situação justifica-se pela inauguração recente do MMM.

#### **Avaliação do protótipo – [k], [l], [m]**

- Esta etapa do estudo ficou de ser planeada de acordo com a evolução do estudo, através da criação de um calendário prévio para programar as avaliações.
- Os participantes no estudo seriam visitantes do MMM, abordados em contexto de visita ao espaço expositivo, e ainda, colaboradores do próprio Museu.

#### **Disponibilização de dados institucionais – [n]**

- Tarefa a cargo de Paola Silva até ao dia 20 de março de 2014. As informações contemplariam o histórico, a missão, os valores e a visão do MMM, bem como o número de visitantes, o número de exposições e as diferentes atividades.



## ANEXO B | ESBOÇO DO CIRCUITO ELÉTRICO UTILIZADO NO PROTÓTIPO

O esboço do circuito elétrico utilizado para a implementação dos sensores e atuadores utilizados no protótipo apresenta-se na Imagem 1. Note-se que a azul são apresentadas as portas do microcontrolador Arduino Leonardo às quais os componentes foram conectados: fontes de alimentação (+5V e 0V), as entradas analógicas (A0 a A3) e os pinos definidos como *output* (pout3 a pout7 e pout9 a pout13).

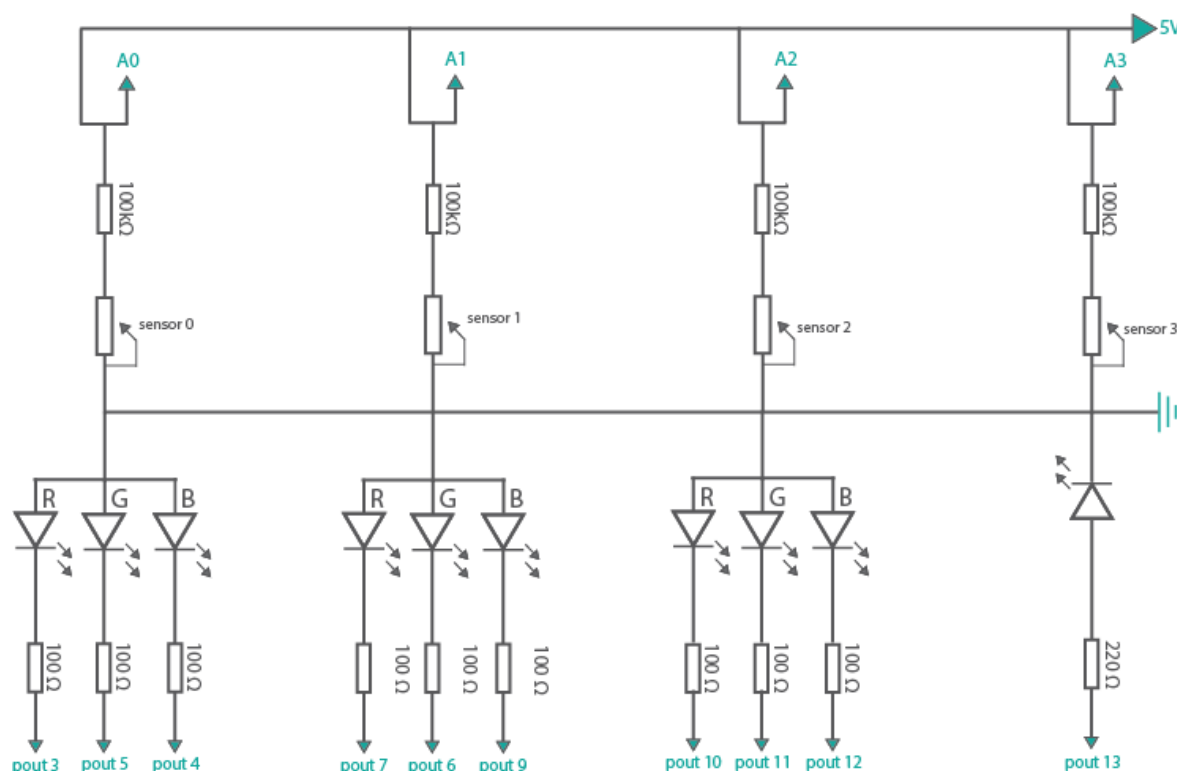


Imagem 1 – Esboço do circuito elétrico implementado.

Na parte superior do circuito, os sensores identificados com os algarismos 0 a 3 correspondem aos FSRs – sensores de força resistivos. Tal como se concluiu aquando do estudo de viabilidade técnica, estes sensores são utilizados para determinar a variação da resistência de acordo com a força que lhes é aplicada. Esta alternância de valores é possível de ser verificada quando cada um dos sensores se encontra ligado a uma porta analógica do microcontrolador através de um divisor de tensão, para o qual se utilizou uma resistência com o valor de 100kΩ, com variação de 5%, distribuindo-se os 5 volt entre esta e o sensor.

Por outro lado, na parte inferior do esboço do circuito elétrico encontram-se os três LEDs RGB e um LED. Em cada um deles, um pino encontra-se ligado à terra e os restantes a portas definidas como saída do Arduino. As resistências colocadas entre os componentes eletrónicos e as ligações às extremidades do microcontrolador permitem controlar a corrente que chega aos primeiros, assegurando o seu funcionamento seguro. Para o caso dos LEDs RGB, o valor determinado foi de 100Ω aplicados em cada pino, enquanto para o LED, concluiu-se que o valor necessário seria de 220Ω. Com base nos testes efetuados e apresentados aquando das sessões de trabalho

realizadas, viu-se que para a simulação das cores próximas das amostras geológicas, havia ligações dos componentes eletrônicos que não necessitavam de sintetizar cor. Deste modo, foram priorizadas pela atribuição de portas PWM<sup>57</sup> – *Pulse With Modulation* – os terminais para os quais foi determinado o uso de *fede in* para acender o LED.

---

<sup>57</sup> PWM – *Pulse With Modulation* – é uma técnica utilizada para conseguir gerar valores analógicos, com significados digitais. Consultado a 6 maio 2014, <http://arduino.cc/en/Tutorial/PWM>.

ANEXO C | DETALHES TÉCNICOS DO PROJETO FINAL DO MÓVEL

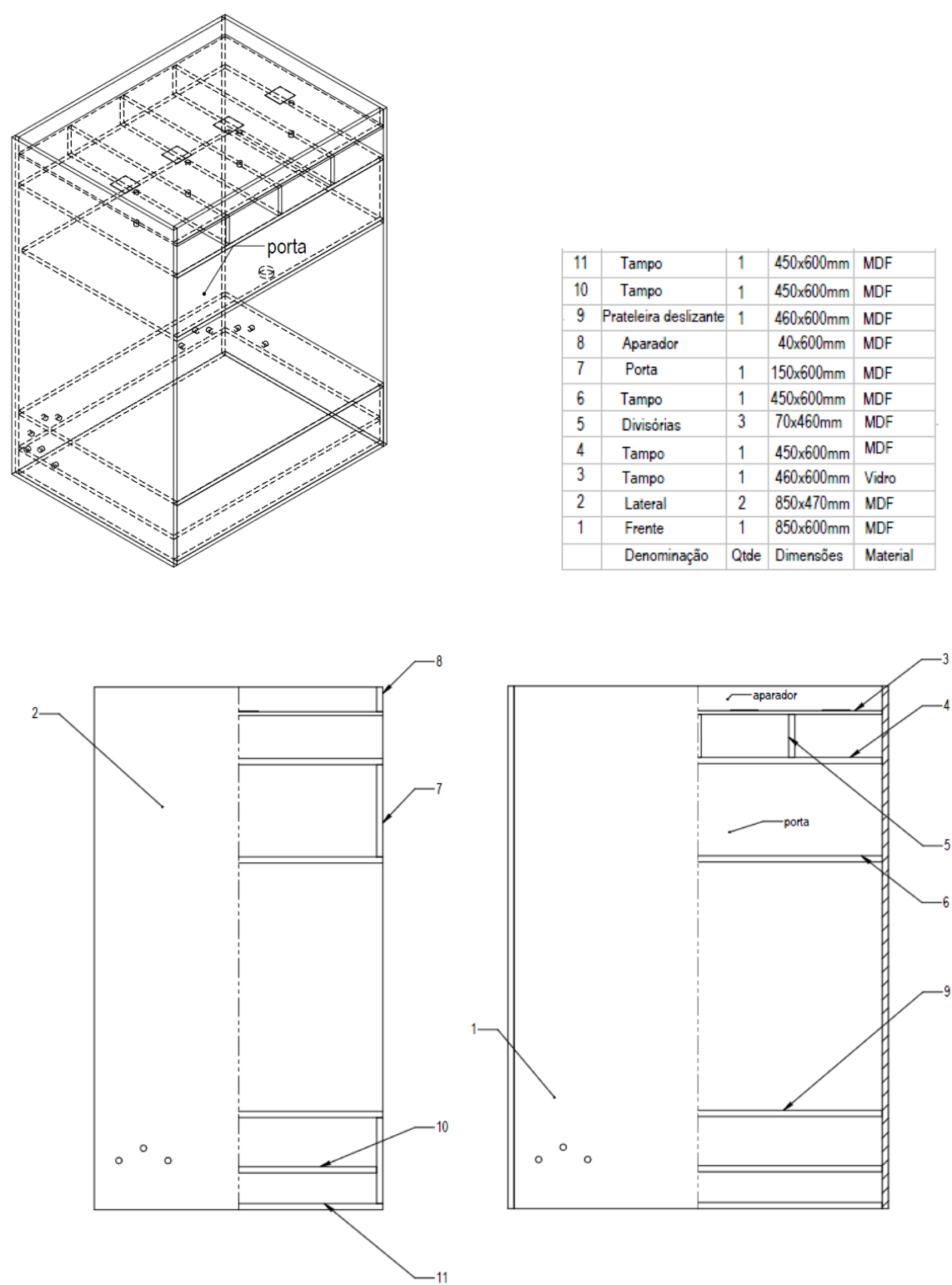


Imagem 2 – Detalhamento técnico do projeto, de baixo para cima, da esquerda para a direita: vista geral, medidas das peças do móvel, vista lateral com corte e vista frontal, com corte.

## ANEXO D | TEXTOS INFORMATIVOS DAS QUATRO AMOSTRAS GEOLÓGICAS

### AMOSTRAS INDEPENDENTES

**MADEIRA FOSSILIZADA** A madeira fossilizada é formada quando a celulose original da madeira é substituída por substâncias minerais, sendo as mais comuns: sílica, ágata, opala, pirita e limonita. O fenômeno acontece pelo soterramento dos troncos durante milhões de anos e a exposição dos mesmos a soluções aquosas minerais, que são absorvidas pela madeira do tronco. Algumas madeiras, mesmo fossilizadas, possuem características vegetais preservadas, como casca, raízes, nós, anéis de crescimento e até estrutura molecular. Na amostra exposta, duas superfícies encontram-se polidas. É possível perceber a áspera casca do tronco, assim como um conduto interno bem no centro, por onde um dia circulou a seiva da árvore. No Brasil, as principais ocorrências de florestas fossilizadas são no Rio Grande do Sul, Tocantins, Santa Catarina e Piauí. A amostra de Madeira Fossilizada em exposição tem procedência de Filadélfia – Tocantins.

**ÁGUA-MARINHA** A Água-Marinha é a conhecida variedade do Berilo de cor azul ou azul esverdeado em tons claros, semelhante à cor do mar. O Berilo é um mineral ainda abundante no Brasil, de uso gemológico, ou seja, é utilizado como gema em joia e adornos pessoais. Apresenta-se transparente a translúcido, em compridos cristais prismáticos hexagonais, com seis faces bem definidas, como o que está em exposição. Algumas águas-marinhas chegam a atingir mais de 100 kg. Em Marambaia, Minas Gerais, foi encontrada uma água-marinha que pesava 111 kg, uma das maiores já conhecidas. É considerada uma das pedras preciosas mais típica do Brasil. Minas Gerais produz as águas-marinhas mais valiosas do mundo, mas esta gema também é produzida no Espírito Santo, Rio Grande do Norte, Ceará, Alagoas e Paraíba. A amostra de água-marinha em exposição tem procedência de Brumado – Bahia.

**MUSCOVITA** Também conhecida como malacacheta, a Muscovita possui clivagem perfeita, sua principal característica, que permite que o mineral seja separado em lâminas de dimensões ínfimas. Clivagem é quando um mineral se rompe em superfícies planas, lisas e paralelas. A amostra que encontra-se em exposição possui essa propriedade. Observe nas bordas que essas superfícies assemelham-se a lâminas ou a folhas de um livro, onde parece ser possível folheá-las. O nome Muscovita deriva do “Vidro da Moscóvia”, da antiga Rússia (Moscóvia), onde uma película de muscovita era utilizada como vidro. Pertence ao Grupo das Micas, que possui mais de quarenta espécies conhecidas. O nome 'mica' deriva do latim 'micare' que significa 'brilhar'. É utilizada industrialmente como isolante elétrico. A amostra de Muscovita em exposição tem procedência de Guarani – Minas Gerais.

**SÍLEX** O Sílex é uma das muitas variedades existentes de Quartzo, uma das substâncias minerais mais comuns e abundantes na superfície do planeta. É um cristal opaco, ou seja, a luz não consegue atravessá-lo. Quando se rompe, apresenta arestas cortantes e fratura concóide, isto é, lisas, curvas e semelhantes a uma concha. Por produzir arestas cortantes, o Sílex foi muito utilizado pelo homem primitivo na fabricação de vários utensílios e armas, como pontas de lança e objetos semelhantes a facas. Na amostra exposta, é possível perceber as linhas e superfícies curvas das áreas fraturadas, assim como sentir as quinas das arestas e seu potencial ao corte. A amostra de Sílex em exposição tem procedência de Mar de Espanha – Minas Gerais.

### COMPARAÇÃO DAS AMOSTRAS GEOLÓGICAS

**MADEIRA FOSSILIZADA versus ÁGUA-MARINHA** Na amostra exposta de madeira fossilizada, formada quando a celulose original da madeira foi substituída por substâncias minerais, duas superfícies encontram-se polidas e é possível perceber a áspera casca do tronco, assim como um conduto interno bem no centro, por onde um dia circulou a seiva da árvore. A água marinha, considerada uma das pedras preciosas mais típica do Brasil, apresenta-se transparente a translúcida, em compridos cristais prismáticos hexagonais, com seis faces bem definidas, como a que está em exposição. É a conhecida variedade do Berilo de cor azul ou azul esverdeado em tons claros, semelhante à cor do mar. O Brasil apresenta as principais ocorrências de formação de ambas as amostras. No Rio Grande do Sul, Tocantins, Santa Catarina e Piauí encontram-se um grande número de floresta fossilizadas, enquanto em Minas Gerais são originadas as águas-marinhas mais valiosas do mundo, apesar desta gema ser também produzida no Espírito Santo, Rio Grande do

Norte, Ceará, Alagoas e Paraíba. A madeira fossilizada em exposição tem procedência de Filadélfia – Tocantins e a água-marinha de Brumado – Bahia.

**MADEIRA FOSSILIZADA versus MUSCOVITA** Na amostra exposta de madeira fossilizada, formada quando a celulose original da madeira foi substituída por substâncias minerais, duas superfícies encontram-se polidas e é possível perceber a áspera casca do tronco, assim como um conduto interno bem no centro, por onde um dia circulou a seiva da árvore. O fenômeno de formação da madeira fossilizada acontece pelo soterramento dos troncos durante milhões de anos e a exposição dos mesmos a soluções aquosas minerais, que são absorvidas pela madeira do tronco. Por sua vez, a principal característica da Muscovita é a clivagem, podendo-se romper em lâminas planas, lisas e paralelas. A amostra que encontra-se em exposição possui essa propriedade. Observe nas bordas que essas superfícies assemelham-se a lâminas ou a folhas de um livro, onde parece ser possível folheá-las. O nome Muscovita deriva do “Vidro da Moscúvia”, da antiga Rússia (Moscúvia), onde uma película de muscovita era utilizada como vidro. A madeira fossilizada exposta tem procedência de Filadélfia – Tocantins e a muscovita de Guarani – Minas Gerais.

**MADEIRA FOSSILIZADA versus SÍLEX** Na amostra exposta de madeira fossilizada, formada quando a celulose original da madeira foi substituída por substâncias minerais, duas superfícies encontram-se polidas e é possível perceber a áspera casca do tronco, assim como um conduto interno bem no centro, por onde um dia circulou a seiva da árvore. O fenômeno de formação da madeira fossilizada acontece pelo soterramento dos troncos durante milhões de anos e a exposição dos mesmos a soluções aquosas minerais, que são absorvidas pela madeira do tronco. Já na amostra exposta de Sílax (uma das muitas variedades existentes de Quartzo), é possível perceber as linhas e superfícies curvas das áreas fraturadas, assim como sentir as quinas das arestas e seu potencial ao corte. O Sílax é um cristal opaco, ou seja, a luz não consegue atravessá-lo. Quando se rompe, apresenta arestas cortantes e fratura concóide, isto é, lisas, curvas e semelhantes a uma concha. Por este motivo, o Sílax foi muito utilizado pelo homem primitivo na fabricação de vários utensílios e armas, como pontas de lança e objetos semelhantes a facas. A madeira fossilizada em exposição tem procedência de Filadélfia – Tocantins e a de Sílax de Mar de Espanha – Minas Gerais.

**ÁGUA-MARINHA versus MUSCOVITA** A água marinha, considerada uma das pedras preciosas mais típica do Brasil, apresenta-se transparente a translúcida, em compridos cristais prismáticos hexagonais, com seis faces bem definidas, como a que está em exposição. É a conhecida variedade do Berilo de cor azul ou azul esverdeado em tons claros, semelhante à cor do mar. Por sua vez, a principal característica da Muscovita é a clivagem, podendo-se romper em lâminas planas, lisas e paralelas. A amostra que encontra-se em exposição possui essa propriedade. Observe nas bordas que essas superfícies assemelham-se a lâminas ou a folhas de um livro, onde parece ser possível folheá-las. O Berilo é um mineral ainda abundante no Brasil, de uso gemológico, ou seja, é utilizado como gema em joia e adornos pessoais, sendo as águas-marinhas mais valiosas do mundo produzidas em Minas Gerais. Já a Muscovita, nome derivado do “Vidro da Moscúvia”, da antiga Rússia (Moscúvia), é utilizada industrialmente como isolante elétrico, tendo as suas películas sido usadas no passado como vidro. A amostra de água-marinha exposta tem procedência de Brumado – Bahia e a de Muscovita de Guarani – Minas Gerais.

**ÁGUA-MARINHA versus SÍLEX** A água marinha, considerada uma das pedras preciosas mais típica do Brasil, apresenta-se transparente a translúcida, em compridos cristais prismáticos hexagonais, com seis faces bem definidas, como a que está em exposição. É a conhecida variedade do Berilo de cor azul ou azul esverdeado em tons claros, semelhante à cor do mar. O Sílax, por sua vez, é uma das muitas variedades existentes de Quartzo, uma das substâncias minerais mais comuns e abundantes na superfície do planeta. Quando se rompe, apresenta arestas cortantes e fratura concóide, isto é, lisas, curvas e semelhantes a uma concha, tal como se pode observar na amostra exposta. O Berilo é um mineral ainda abundante no Brasil, de uso gemológico, ou seja, é utilizado como gema em joia e adornos pessoais, sendo as águas-marinhas mais valiosas do mundo produzidas em Minas Gerais. Já o Sílax, por apresentar arestas cortantes, foi muito utilizado pelo homem primitivo na fabricação de vários utensílios e armas, como pontas de lança e objetos semelhantes a facas. A amostra de Água-Marinha em exposição tem procedência de Brumado – Bahia e a de Sílax de Mar de Espanha – Minas Gerais.

**MUSCOVITA versus SÍLEX** A principal característica da Muscovita é a clivagem, podendo-se romper em lâminas planas, lisas e paralelas. A amostra que encontra-se em exposição possui essa propriedade. Observe nas bordas que essas superfícies assemelham-se a lâminas ou a folhas de um livro, onde parece ser possível folheá-las. O Sílax, por sua vez, é uma das muitas variedades existentes de Quartzo, uma das substâncias minerais mais comuns e abundantes na

superfície do planeta. Quando se rompe, apresenta arestas cortantes e fraturas concóides, isto é, lisas, curvas e semelhantes a uma concha, tal como se pode observar na amostra exposta. O nome Muscovita deriva do “Vidro da Moscóvia”, da antiga Rússia (Muscóvia), onde uma película de muscovita era utilizada como vidro. Atualmente é utilizada industrialmente como isolante elétrico. Já o Sílex, por apresentar arestas cortantes, foi muito utilizado pelo homem primitivo na fabricação de vários utensílios e armas, como pontas de lança e objetos semelhantes a facas. A amostra de Muscovita em exposição tem procedência de Guarani – Minas Gerais e a de Sílex de Mar de Espanha – Minas Gerais.

## ANEXO E | IMAGENS PRODUZIDAS PARA A APRESENTAÇÃO DOS CONTEÚDOS VISUAIS

### ECRÃ INICIAL E ECRÃ COM MENSAGEM DE AVISO

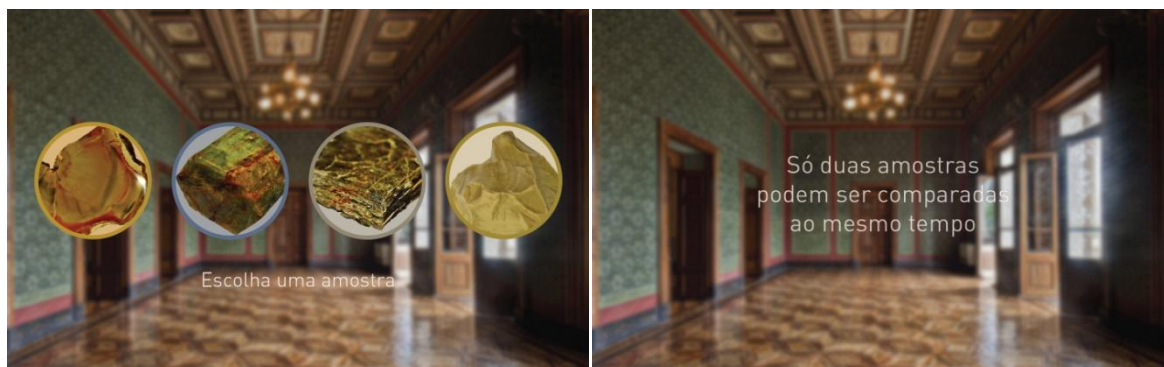


Imagem 3 – Ecrã inicial e mensagem de aviso.

### ECRÃS DE APRESENTAÇÃO DOS CONTEÚDOS PARTICULARES



Imagem 4 – Ecrãs com os conteúdos específicos – madeira fossilizada, água-marinha, muscovita e sílex.

# ECRÃS DE APRESENTAÇÃO DOS CONTEÚDOS COMPARATIVOS

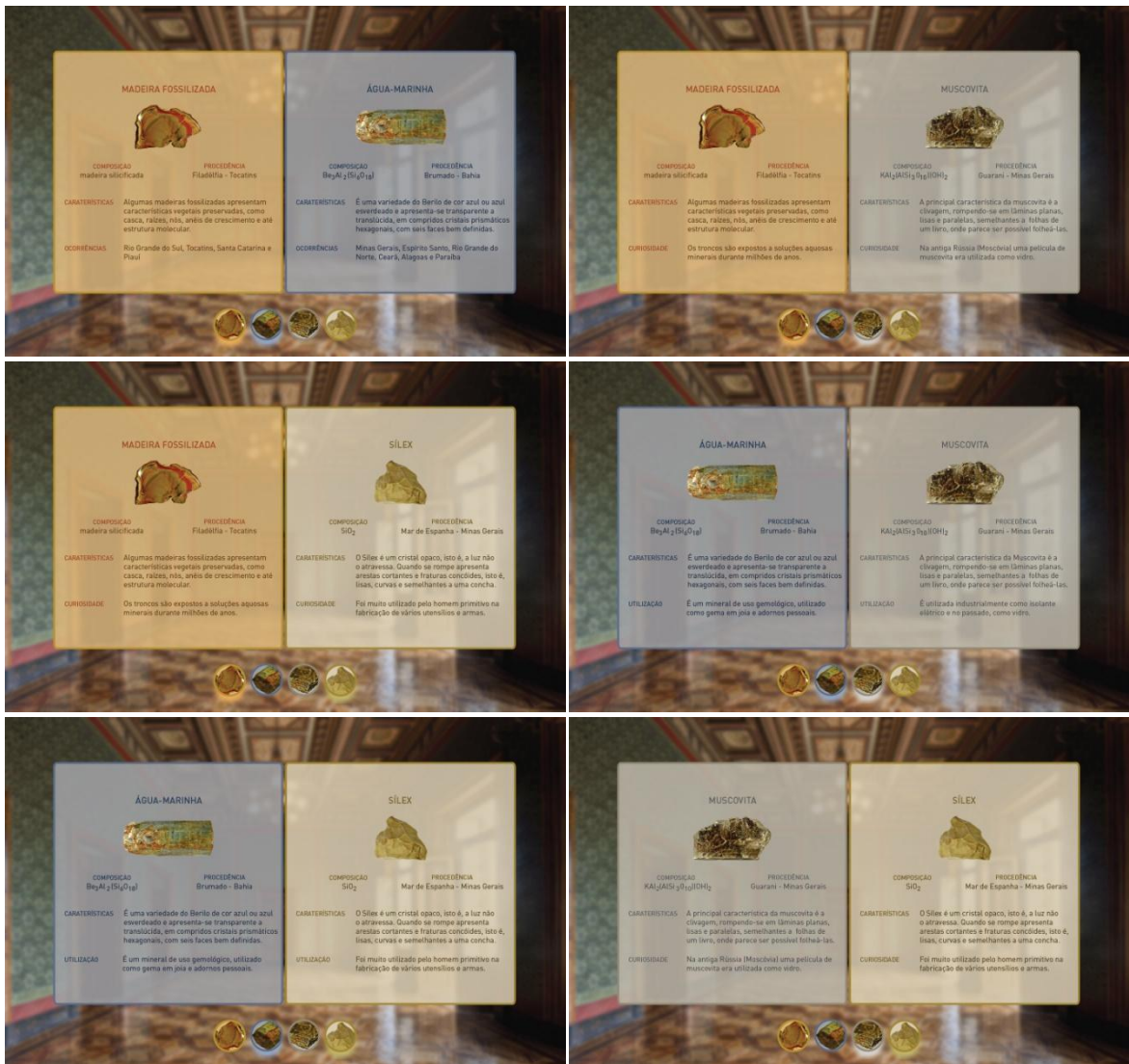


Imagem 5 – Ecrãs com as informações comparativas entre as amostras geológicas.



## ANEXO F | QUESTIONÁRIO APLICADO PARA OS PARTICIPANTES VISUAIS

### QUESTIONÁRIO PÓS-INTERAÇÃO COM A INTERFACE

O presente questionário tem como finalidade avaliar os aspetos hedónicos e pragmáticos da interação estabelecida com o protótipo, bem como a experiência de utilização em geral, contribuindo a recolha dos seguintes dados para a implementação de melhorias na interface.

Aponta-se que todos os dados recolhidos são anónimos e confidenciais, sendo utilizados somente no âmbito do estudo em curso.

A previsão de tempo despendido com o preenchimento do questionário é de 5 minutos.

#### I. INFORMAÇÕES PESSOAIS

Por favor, assinale uma resposta para cada campo.

- 1.1 Idade
- |                               |                               |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <input type="radio"/> < 15    | <input type="radio"/> 15 a 25 | <input type="radio"/> 26 a 35 | <input type="radio"/> 36 a 45 |
| <input type="radio"/> 46 a 55 | <input type="radio"/> 56 a 65 | <input type="radio"/> > 66    |                               |
- 1.2 Sexo
- ☐ masculino    ☐ feminino
- 1.3 Já tinha tido a oportunidade de manusear acervo em algum museu?
- ☐ sim    ☐ não

#### II. INTERAÇÃO COM A INTERFACE

Para cada conjunto de palavras, assinale o campo que considera mais apropriado para descrever a interação com a interface

- |                      | 5                     | 4                     | 3                     | 2                     | 1                     |                           |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| 2.1                  |                       |                       |                       |                       |                       |                           |
| Interação simples    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Interação complicada      |
| Interação agradável  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Interação desagradável    |
| Interação prática    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Interação não prática     |
| Interação motivadora | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Interação desinteressante |
| 2.2                  |                       |                       |                       |                       |                       |                           |
| Interface atrativa   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Interface não atrativa    |

2.3	Atração criativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Atração convencional
	Atração permite o compartilhamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Atração conduz ao isolamento

### III. CONTEÚDOS APRESENTADOS

Para cada conjunto de palavras, assinale o campo que considera mais apropriado para descrever os conteúdos apresentados (texto, imagens e áudio).

		5	4	3	2	1	
3.1	Conteúdos relevantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Conteúdos não relevantes
	Conteúdos interessantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Conteúdos desinteressantes
	Conteúdos longos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Conteúdos curtos

3.2 Forma de apresentação dos conteúdos explicativos:

Atraente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tediosa

3.3 Considera que as explicações fornecidas acerca das amostras geológicas deveriam contemplar:

☐ imagens, texto e áudio ☐ vídeos/animações com áudio

3.4 Devia ser dado um foco maior a algum dos seguintes temas? (assinalar aquele(s) que considera relevante(s) de ser(em) explorado(s))

☐ aplicações atuais ☐ processo de formação ☐ aspetos científicos  
☐ curiosidades ☐ outro(s) \_\_\_\_\_ ☐ nada a assinalar

### IV. AMOSTRAS GEOLÓGICAS UTILIZADAS

Para cada pergunta, assinale uma resposta.

4.1 As quatro amostras geológicas disponíveis para a interação são apelativas do ponto de vista visual (cores e formatos)?

☐ sim ☐ não

4.2 As quatro amostras geológicas disponíveis para a interação são apelativas do ponto de vista tátil (texturas, rugosidades e diferenças de peso)?

☐ sim ☐ não

4.3 O número de amostras geológicas disponíveis deveria ser maior?

☐ sim ☐ não

4.3.1 Se sim, quantas amostras considera que deviam estar disponíveis?

☐ 5 a 8 ☐ 9 a 12

4.4 O número de amostras possíveis de manusear simultaneamente, para comparação entre elas, deve ser maior?

☐ sim ☐ não

**O questionário chegou ao fim. Caso tenha alguma sugestão ou comentário a fazer, escreva nas linhas abaixo.**

---

---

---

**Obrigado pela sua participação.**

## ANEXO G | QUESTIONÁRIO APLICADO PARA OS PARTICIPANTES INVISUAIS

### QUESTIONÁRIO PÓS-INTERAÇÃO COM A INTERFACE

O presente questionário tem como finalidade avaliar os aspetos hedónicos e pragmáticos da interação estabelecida com o protótipo, bem como a experiência de utilização em geral, contribuindo a recolha dos seguintes dados para a implementação de melhorias na interface.

Aponta-se que todos os dados recolhidos são anónimos e confidenciais, sendo utilizados somente no âmbito do estudo em curso.

A previsão de tempo despendido com o preenchimento do questionário é de 5 minutos.

#### V. INFORMAÇÕES PESSOAIS

Por favor, indique uma resposta para cada campo.

- 1.1 **Idade**
- |                               |                               |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <input type="radio"/> < 15    | <input type="radio"/> 15 a 25 | <input type="radio"/> 26 a 35 | <input type="radio"/> 36 a 45 |
| <input type="radio"/> 46 a 55 | <input type="radio"/> 56 a 65 | <input type="radio"/> > 66    |                               |
- 1.2 **Sexo**
- ☐ masculino      ☐ feminino
- 1.3 **Já tinha tido a oportunidade de manusear acervo em algum museu?**
- ☐ sim      ☐ não

#### VI. INTERAÇÃO COM A INTERFACE

Para cada conjunto de palavras, indique o campo que considera mais apropriado para descrever a interação com a interface

- |                                    | 5                     | 4                     | 3                     | 2                     | 1                     |                              |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|
| 2.1                                |                       |                       |                       |                       |                       |                              |
| Interação simples                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Interação complicada         |
| Interação agradável                | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Interação desagradável       |
| Interação prática                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Interação não prática        |
| Interação motivadora               | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Interação desinteressante    |
| 2.2                                |                       |                       |                       |                       |                       |                              |
| Atração criativa                   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Atração convencional         |
| Atração permite o compartilhamento | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Atração conduz ao isolamento |

## VII. CONTEÚDOS APRESENTADOS

Para cada conjunto de palavras, assinale o campo que considera mais apropriado para descrever os conteúdos apresentados (áudio).

	5	4	3	2	1	
3.1						
Conteúdos relevantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Conteúdos não relevantes
Conteúdos interessantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Conteúdos desinteressantes
Conteúdos longos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Conteúdos curtos

3.2 O meio de apresentação dos conteúdos na forma de locuções é:

Atraente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tédiosa

3.3 Com base na descrição do áudio, foi fácil identificar as amostras?

☐ sim ☐ não

3.4 Devia ser dado um foco maior a algum dos seguintes temas?

☐ aplicações atuais ☐ processo de formação ☐ aspetos científicos  
☐ curiosidades ☐ outro(s) \_\_\_\_\_ ☐ nada a assinalar

## VIII. AMOSTRAS GEOLÓGICAS UTILIZADAS

Para cada pergunta, aponte uma resposta.

4.1 As quatro amostras geológicas disponíveis para a interação são apelativas do ponto de vista tátil (texturas, rugosidades e diferenças de peso)?

☐ sim ☐ não

4.2 O número de amostras geológicas disponíveis deveria ser maior?

☐ sim ☐ não

4.2.1 Se sim, quantas amostras considera que deviam estar disponíveis?

☐ 5 a 8 ☐ 9 a 12

4.3 O número de amostras possíveis de manusear simultaneamente, para comparação entre elas, deve ser maior?

☐ sim ☐ não

**O questionário chegou ao fim. Caso tenha alguma sugestão ou comentário a fazer, por favor indicar.**

a) Na sua opinião, quais aspetos precisam ser levados em consideração neste tipo de atração, de modo a torna-la mais acessível? (parte de interação, experiência de utilização e modo de relacionar as características físicas dos exemplares geológicos com o que está a ser dito).

---

---

---

b) Tem alguma sugestão ou comentário a fazer?

---

---

---

**Obrigado pela sua participação.**